অধ্যায়-১: তাপগতিবিদ্যা

প্রশ্ন ▶১ শহীদ একটি ইঞ্জিন তৈরি করে দাবি করল তার ইঞ্জিনটি কার্নোর প্রত্যাগামী ইঞ্জিন। এটি উৎস হতে গৃহীত তাপের এক চতুর্থাংশ কাজে পরিণত করে বাকী 300J তাপ গ্রাহকে বর্জন করে। শহীদ তার ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও গ্রাহকের তাপমাত্রা পেয়েছিল যথাক্রমে 350K ও 310K। /দি. বো. ২০১৭/

ক. তাপ গতিবিদ্যার ২য় সূত্র লিখ। ১

খ. তাপের পরিবহন অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তাপ উৎসের তাপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বাস্তবে দেখা গেল তার দাবি সঠিক নয়। ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাগামী করতে কী ধরনের পরিবর্তন করতে হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ তাপের পরিবহন একটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া। আমরা জানি, তাপের পরিবহন ঘটে উষ্ণতর বস্তু হতে শীতলতম বস্তুতে। কিন্তু শীতল বস্তু থেকে উষ্ণ বস্তুতে তাপের পরিবহন কখনো ঘটে না, যদি বাহ্যিক শক্তি প্রয়োগ না করা হয়। সুতরাং তাপের স্বাভাবিক পরিবহন একটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

গ দেওয়া আছে,

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 300J$

ধরি, তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপ $= Q_1$

কাজে পরিণত হয়, $W = \frac{Q_1}{4}$

আমরা জানি, $Q_2 = Q_1 - W = Q_1 - \frac{Q_1}{4} = \frac{4-1}{4}Q_1 = \frac{3}{4}Q_1$

$$\therefore\ Q_1 = \frac{4}{3}Q_2 = \frac{4}{3} \times 300\ J = 400\ J\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, তাপ উৎসের তাপ, $Q_1 = 400J$

দেওয়া আছে, তাপ গ্রাহকের তাপ, $Q_2 = 300J$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 310K$

ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাবর্তী করতে হলে,

উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন করে T_1 করা হলে,

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } T_1 = \frac{T_2}{Q_2} \times Q_1$$

$$\text{বা, } T_1 = \frac{310}{300} \times 400$$

$$\therefore\ T_1 = 413.33\ K$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta T = (413.33 - 350)K = 63.33\ K$

সুতরাং উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 413.33$ K করলে বা 63.33 K বৃদ্ধি করলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী হবে।

বি:দ্র: ইঞ্জিনকে প্রত্যাবর্তী করতে এখানে আমরা উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন করেছি কিন্তু উৎসের তাপ, গ্রাহকের তাপ বা তাপমাত্রা পরিবর্তন করেও অপ্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনকে প্রত্যাবর্তী করা যায়।

প্রশ্ন ▶২ দেবু এবং জীম দুটি ইঞ্জিন তৈরি করলো। ইঞ্জিনদ্বয়ের উচ্চ তাপমাত্রা যথাক্রমে 600K এবং 500K ও নিম্নতাপমাত্রা যথাক্রমে 500K এবং 400K। দেবু দাবি করল যে, তার ইঞ্জিনটি বেশি কার্যক্ষম। /দি. বো. ২০১৫/

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বাড়লে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কমলেও পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. জীমের তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দেবুর দাবি সঠিক কিনা– গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেমের যে তাপগতীয় ধর্ম বা চলরাশি ধ্রুব থাকে তাকে এনট্রপি বলে।

খ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীর সমযোজী বন্ধন ভাঙতে শুরু করে এবং যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে যায়। এ কারণে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কমে যায়।

আবার তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর অণু-পরমাণুগুলোর কম্পনের বিস্তার বেড়ে যায়। ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর সাথে এদের সংঘর্ষের হারও বেড়ে যায়। তাই পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

জীমের তৈরি ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500K$

এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 400K$

বের করতে হবে, ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = ?$

আমরা জানি, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{400K}{500K} = 0.2 = 20\%$ **(Ans.)**

ঘ দেবুর ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T'_1 = 600K$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T'_2 = 500K$

দেবুর ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta' = 1 - \frac{T'_2}{T'_1} = 1 - \frac{500K}{600K} = 16.67\%$

সুতরাং দেবুর ইঞ্জিনের দক্ষতা 16.67% এবং গ নং হতে জীমের তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা দেখা গেল 20%। দেখা যাচ্ছে দেবু ও জীম উভয়ের ইঞ্জিনের তাপমাত্রার ব্যবধান সমান হলেও দক্ষতা সমান নয়।

দেবুর ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta' <$ জীমের ইঞ্জিনের দক্ষতা, η।

সুতরাং দেবুর দাবি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶৩ পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবদ্ধ আছে। 300 Pa স্থির চাপে ধীরে ধীরে 600 J তাপশক্তি সরবরাহ করায় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ হলো 900 J। /রা. বো. ২০১৭/

ক. তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা কী? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. "উদ্দীপক অনুসারে শক্তির সংরক্ষণশীল নীতিটি লঙ্ঘিত হয় না।"— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই করো। ৪

(**বি:দ্র:** উদ্দীপকের বক্তব্য সঠিক নয়। স্থির চাপে কোনো গ্যাসে সরবরাহকৃত তাপশক্তি অপেক্ষা বেশি কাজ পাওয়া সম্ভব নয়। কারণ স্থির চাপে গ্যাস প্রসারিত হতে হলে চার্লসের সূত্রানুসারে অবশ্যই গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেতে হবে। আর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অবশ্যই অন্তঃস্থ শক্তিও বৃদ্ধি পাবে। রুদ্ধ তাপীয় প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হয়। সেক্ষেত্রে চাপ হ্রাস পায়। সুতরাং স্থির চাপ প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হতে পারে না। উল্লেখ্য—
স্থির চাপ প্রক্রিয়ায় গৃহীত তাপের কিছু অংশ কাজে রূপান্তরিত হয়, বাকি অংশ অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি করে।
স্থির আয়তন প্রক্রিয়ায় গৃহীত তাপের সম্পূর্ণটাই অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি করে।
সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গৃহীত তাপের সম্পূর্ণটাই কাজে রূপান্তরিত হয়।
রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হয়।
গৃহীত তাপ অপেক্ষা বেশি কাজ পেতে হলে প্রথমে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসকে প্রসারিত করতে হবে। ফলে গৃহীত তাপের সমপরিমাণ কাজ পাওয়া যাবে এবং পরে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় প্রসারিত করতে হবে যাতে অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ হয়। এ দুটি প্রক্রিয়ায়ই চাপ হ্রাস পাবে।)

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরবরাহকৃত তাপের কত অংশ কোনো ইঞ্জিন কাজে রূপান্তরিত করতে পারে, তাকে ঐ ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে।

খ যে কোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ার জন্য, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ সম্পর্কটি প্রযোজ্য। রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং $\Delta U + \Delta W = 0$ বা $\Delta U = -\Delta W$। সিস্টেম (গ্যাস) সংকুচিত হওয়ায় ΔW ঋণাত্মক, সুতরাং ΔU ধনাত্মক। অতএব, রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি (ΔU) বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে সংকোচনের ফলে সিস্টেমের উপর কার্য সম্পাদিত হয় যা অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে।

গ উদ্দীপকের নিচে **বি:দ্র:** অংশের আলোচনা থেকে বোঝা যায় যে, প্রকৃতপক্ষে এখানে গ্যাস প্রথমে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় 600J তাপ গ্রহণ করে যা সম্পূর্ণরূপে কাজে রূপান্তরিত হয়। পরে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় আরও 300J কার্য সম্পাদিত হয়।

এখানে,

গ্যাসের আদি চাপ, $P_0 = 300$ Pa

মনে করি,

আদি আয়তন, তাপমাত্রা এবং গ্যাসের মোল সংখ্যা যথাক্রমে V_0, T_0, n_1

∴ সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ,

$$W_1 = nRT_0 \, ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right) = 600J$$

$$\text{বা, } ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right) = \frac{600}{nRT_0}$$

$$\therefore \; V_1 = V_0 \exp\left(\frac{600}{nRT_0}\right)$$

আবার, রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকাজ,

$$w_2 = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_0 - T) = 300J$$

এখানে T হলো গ্যাসের চূড়ান্ত তাপমাত্রা,

$$T < T_0$$

$$\text{বা, } T_0 - T = \frac{300(\gamma - 1)}{nR}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{T}{T_0} = \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}$$

$$\text{বা, } \frac{T}{T_0} = 1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1} = 1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}$$

$$\text{বা, } \frac{V_1}{V_2} = \left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma - 1}}$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{V_1}{\left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma - 1}}}$$

$$\therefore \; V_2 = V_0\left[\frac{\exp\left(\frac{600}{nRT_0}\right)}{\left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma - 1}}}\right]$$

∴ গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন,

$$\Delta V = V_2 - V_0$$

$$= V_0\left\{\frac{\exp\left(\frac{600}{nRT_0}\right)}{\left[1 - \frac{300(\gamma - 1)}{nRT_0}\right]^{\frac{1}{\gamma - 1}}} - 1\right\}$$

উপরের সমীকরণে গ্যাসের আদি তাপমাত্রা, মোল সংখ্যা ও γ এর মান বসিয়ে আয়তন পরিবর্তন নির্ণয় করা যাবে।

আবার, উদ্দীপকে উপস্থিত 300 Pa চাপকে গ্যাসের আদি চাপ বিবেচনা করলে, $nRT_0 = 300 \, V_0$

$$\therefore \Delta V = V\left\{\frac{\exp\left(\frac{2}{V_0}\right)}{\left[1 - \frac{\gamma - 1}{V_0}\right]^{\frac{1}{\gamma - 1}}} - 1\right\}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তি, Q = 600J

সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ, W = 900J

সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ΔU হলে,

আমরা জানি,

$$Q = \Delta U + W$$

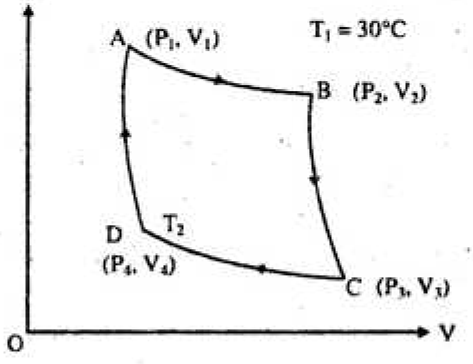
$$\text{বা, } \Delta U = Q - W$$

$$= 600 - 900$$

$$= -300J$$

সুতরাং সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি 300J পরিমাণ হ্রাস পাবে। 900J পরিমাণ কাজ সম্পাদন করার জন্য সিস্টেম বাইরে থেকে সরবরাহকৃত 600J তাপ ব্যবহার করে এবং সিস্টেমের অন্তঃস্থ 300J পরিমাণ ব্যবহার করে। সুতরাং এক্ষেত্রে তাপ বা শক্তির কোনোরূপ অপচয়, সৃষ্টি বা ধ্বংস হয়নি। ফলে উদ্দীপক অনুসারে শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতিটি লঙ্ঘিত হয় না।

প্রশ্ন ▶ ৪ কার্নো ইঞ্জিনের প্রতিস্তরে সংকোচন বা প্রসারণের অনুপাত 1 : 2। এতে কার্যনিবাহক বস্তু হিসাবে 3 mole দ্বিপরমাণুক গ্যাস ব্যবহার করা হলো। (দ্বিপরমাণুক গ্যাসের $\gamma = 1.4$).



[রা. বো. ২০১৫]

ক. কৌণিক বিবর্ধন কী? ১

খ. আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. কার্নো-চক্রের লেখটি A হতে B বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ হিসাব কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত ইঞ্জিনের দক্ষতা 33% অপেক্ষা বেশি হওয়া সম্ভব কি?— গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে উত্তর দাও। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতিবিম্ব ও লক্ষ্যবস্তু চোখে যে কোণ উৎপন্ন করে তাদের অনুপাতকে কৌণিক বিবর্ধন বলে।

খ ব্যতিচারের জন্য প্রয়োজনীয় আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে এবং আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে। এ সকল বৈশিষ্ট্য কেবল সুসংগত আলোক উৎসে রয়েছে বিধায় আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয়।

গ কার্নো চক্রের P – V লেখটিতে A হতে B বিন্দুতে গ্যাসটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় প্রসারিত হয়। এক্ষেত্রে A বিন্দুতে গ্যাসটির চাপ ও আয়তন যথাক্রমে P_1, V_1 এবং B বিন্দুতে গ্যাসটির চাপ ও আয়তন যথাক্রমে P_2, V_2। এ প্রক্রিয়ায় গ্যাস T_1 তাপমাত্রায় উৎস হতে তাপ শোষণ করে এবং তার সবটুকুই কাজে পরিণত করে। এখানে, $V_1 = V$ (ধরি) এবং $V_2 = 2V$ তাহলে কৃতকাজ,

$$W = \int PdV$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT_1}{V} dV \quad [\text{যেহেতু } PV = nRT, \text{ সুতরাং } P = \frac{nRT}{V}]$$

$$= nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 3 \times 8.31 \times (30 + 273) \ln \left(\frac{2V}{V}\right)$$

$$= 7553.8 \times \ln 2 = 5236 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ এখানে, যেহেতু A থেকে B তে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় প্রসারণ ঘটে তাই B বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C = (30 + 273)K$
$= 303K$

আবার, B থেকে C বিন্দুতে অর্থাৎ ২য় ঘাতে রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ ঘটে এবং C বিন্দুতে তাপমাত্রা হবে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রার সমান।

ধরি, C বিন্দুর তাপমাত্রা = তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা = T_2K

আবার, যেহেতু সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত 1:2 তাহলে B বিন্দুতে গ্যাসটির আয়তন, $V_2 = V$ (ধরি) এবং C বিন্দুতে আয়তন, $V_3 = 2V$

২য় ঘাতে রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে, $T_1V_2^{\gamma-1} = T_2V_3^{\gamma-1}$

$$\therefore\ T_2 = T_1\left(\frac{V}{2V}\right)^{\gamma-1} = 303K \times \left(\frac{1}{2}\right)^{1.4-1} = 229.63K$$

$$\therefore \text{ কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{229.63K}{303K}$$

$$= 0.2421 = 24.21\%$$

সুতরাং উদ্দীপকে প্রদত্ত ইঞ্জিনের দক্ষতা 33% অপেক্ষা বেশি হওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ৫ একটি তাপ ইঞ্জিনের কার্যকর পদার্থ 600 K তাপমাত্রার উৎস থেকে 1200 J তাপ গ্রহণ করে এবং 300 K তাপমাত্রার গ্রাহকে 600 J তাপ বর্জন করে। *[দি. বো. ২০১৭]*

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী? ১

খ. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২

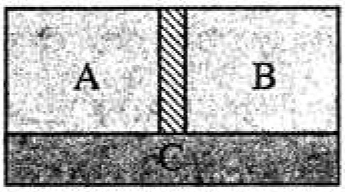
গ. তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তাপ ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী— গাণিতিক যুক্তিসহ সিদ্ধান্ত দাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ **দুটি বস্তু তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সমতায় থাকলে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সমতায় থাকবে। এটি তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র।** ধরা যাক, A ও B বস্তুদ্বয়ের মাঝে একটি তাপ কুপরিবাহী দেয়াল আছে এবং এরা উভয়ই অন্য একটি বস্তু C এর সংস্পর্শে আছে। কিছুক্ষণ পর A ও B উভয়ই C এর সাথে তাপীয় সমতায় পৌঁছবে। এবার A ও B এর মাঝ থেকে দেয়াল সরিয়ে নিলেও দেখা যাবে A ও B এর তাপমাত্রার আর কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না। অর্থাৎ দেয়াল সরানোর পূর্বেই A ও B তাপীয় সমতায় পৌঁছে গেছে। এ পরীক্ষা থেকে উপর্যুক্ত সূত্রটি প্রমাণিত হয়।



গ দেওয়া আছে,

উৎস থেকে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1200$ J
তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 600$ J
তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = ?$

জানা আছে,

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{600}{1200}\right) \times 100\%$$

$$= 50\% \text{ (Ans)}$$

ঘ এখানে, উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 600$ K
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 300$ K

আমরা জানি, প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের দক্ষতা

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{300}{600}\right) \times 100\%$$

$$= 50\% \text{ (Ans)}$$

যেহেতু ইঞ্জিনটির দক্ষতা প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের দক্ষতার সমান সেহেতু ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী।

প্রশ্ন ▶ ৬ একটি সিলিন্ডারে 300K তাপমাত্রায় এবং 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 10 লিটার গ্যাস আবদ্ধ আছে। *[দি. বো. ২০১৫]*

ক. অপবর্তন কী? ১

খ. বিমুখী ঝোঁকে ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় চাপ দ্বিগুণ করা হলে সিলিন্ডারে গ্যাসের আয়তন কত হবে? ৩

ঘ. সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়— তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রের আলোকে বিষয়টির যৌক্তিকতা যাচাই কর। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ তড়িৎ উৎসের ঋণাত্মক ও ধনাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জংশনের p ও n অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে। বিপরীত ঝোঁকে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে p অঞ্চলের হোলগুলো এবং ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো জংশন হতে দূরে সরে যায়। এতে n অঞ্চল হতে কিছু ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে গমন করায় নিঃশোষিত অঞ্চলে ধনাত্মক আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং

এর বিভব বৃদ্ধি পায়। আবার ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত হতে ইলেকট্রন এসে p অঞ্চলের কিছু হোলের সাথে যুক্ত হয়ে এদের ঋণাত্মক আয়নে পরিণত করে ফলে নিঃশোষিত অঞ্চলের বিভব হ্রাস পায়। অর্থাৎ বিমুখী ঝোঁকে জংশনের দুপাশের বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি পায় এবং তদুপরি নিঃশোষিত অঞ্চল বা ডিপ্লেশন লেয়ারের বেধ বৃদ্ধি পায়।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের চাপ, $P_1 = 4$ atm

গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 10$ L

চাপ বৃদ্ধির পর গ্যাসের চাপ, $P_2 = 8$ atm

বের করতে হবে গ্যাসের আয়তন, $V_2 = ?$

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে আমরা জানি, $P_1V_1 = P_2V_2$

$$\therefore V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{4 \times 10}{8} = 5\text{L (Ans.)}$$

ঘ তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ .... (i)

গ্যাসের চাপ হঠাৎ বৃদ্ধি করলে, গ্যাস পরিবেশের সাথে তাপের কোনো লেনদেন করতে পারে না, সেক্ষেত্রে $\Delta Q = 0$ [অর্থাৎ এটি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া]। চাপ বৃদ্ধি করলে আয়তন হ্রাস পায়, সেক্ষেত্রে সিস্টেমের ওপর কাজ হওয়ায় কৃতকাজ ঋণাত্মক।

$\therefore$ কৃতকাজ $= -\Delta W$

সুতরাং (i) নং হতে পাই, $0 = \Delta U - \Delta W$

$$\therefore \Delta U = \Delta W$$

গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পাওয়া মানে এর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাওয়া। সুতরাং সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হলে সিস্টেমের উপর বেশি কাজ হবে অর্থাৎ অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পাবে অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৭ পদার্থবিজ্ঞানের একজন গবেষক সকল দোষত্রুটি মুক্ত একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলেন; যা কার্নো ইঞ্জিনের সাথে তুলনীয়। ইঞ্জিনটি 200°C তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে 600J তাপ গ্রহণ করে এবং গ্রাহকে 400J তাপ বর্জন করে। তিনি বললেন, "উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করেও যন্ত্রের দক্ষতা 70% করা সম্ভব।" *[কু. বো. ২০১৭]*

ক. অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারের 0°F থেকে দাগ কাটা থাকে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গবেষকের উক্তিটি যথার্থ কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব পরিবর্তন বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না তাদেরকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ সেলসিয়াস স্কেলে 0°F এর সমতুল্য পাঠ −17.78°C। মানবদেহের তাপমাত্রা কখনোই 0°F এ নামতে পারে না। বিধায় ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে 0°F এ দাগ কাটা থাকে না। মানব দেহের তাপমাত্রা 95°F অপেক্ষা কম হয় না, যদি হয় তবে তার মৃত্যু হবে। এ জন্য ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে 95°F থেকে শুরু করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = (200 + 273) = 473$K

গৃহীত তাপ, $Q_1 = 600$J

বর্জিত তাপ, $Q_2 = 400$J

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

কার্নো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \times T_1$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{400}{600} \times 473$$

$$\therefore T_2 = 315.33\text{K (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে প্রদত্ত বর্ণিত ইঞ্জিনের,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 473$ K

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 315.33$ K [(গ) হতে]

গবেষকের বক্তব্য অনুসারে উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করে ইঞ্জিনের দক্ষতা $\eta' = 70\% = 0.7$ করতে হলে গ্রাহকের তাপমাত্রা পরিবর্তন করতে হবে। ধরা যাক গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2' করতে হবে।

আমরা জানি,

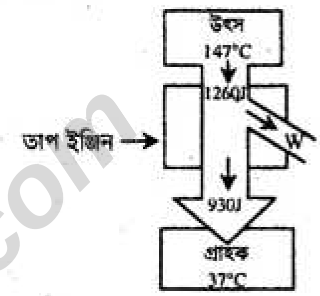
$$\eta' = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2'}{T_1} = 1 - \eta'$$

$$\therefore T_2' = (1 - 0.7) \times 473 \text{ K} = 141.9 \text{ K}$$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যদি 315.33 K থেকে কমিয়ে 141.9 K করা হয়, তাহলে উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করেও যন্ত্রের দক্ষতা 70% করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৮ একটি তাপ ইঞ্জিন 147°C তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে 1260 জুল তাপ গ্রহণ করে 37°C তাপমাত্রায় তাপ গ্রাহকে 930 জুল তাপ বর্জন করে।



[কু. বো. ২০১৬]

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কী? ১

খ. তাপ ইঞ্জিন ও রেফ্রিজারেটর-এর কার্যপদ্ধতির মূল পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী? বিশ্লেষণ কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয়, সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ তাপ ইঞ্জিন উচ্চ তাপমাত্রার উৎস হতে তাপ গ্রহণ করে কার্য সম্পাদন করে এবং অব্যবহৃত তাপ নিম্ন তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে বর্জিত করে।

রেফ্রিজেরেটর নিম্ন তাপমাত্রার উৎস থেকে তাপ গ্রহণ বা অপসারণ করে ও উচ্চ তাপমাত্রার আধারে বর্জন করে। এর জন্য বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করতে হয়।

গ ৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 26.19%

ঘ ৫(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ৯ একটি কার্নো ইঞ্জিন 510K তাপমাত্রার উৎস থেকে 1400J তাপ শোষণ করে 800J তাপ বর্জন করে। *[চ. বো. ২০১৭]*

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী? ১

খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কি বুঝ? ২

গ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 54% করতে হলে কী কী ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে তা-গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ তাপ উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে পরিবাহিত হওয়ার ফলে সর্বদাই এনট্রপি বৃদ্ধি পায় এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ে। প্রকৃতিতে সর্বদাই উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে তাপ সঞ্চালিত হচ্ছে, ফলে সর্বদাই বিশ্বের এনট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ছে। এভাবে এনট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে হয়ত এমন একদিন আসবে যখন এনট্রপির মান সর্বোচ্চে পৌঁছবে এবং সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হবে। ফলে তাপ থাকবে কিন্তু কাজ করার মতো কোনো শক্তিই আর পাওয়া যাবে না। এ অবস্থাকে কেলভিন বিশ্বের তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করেছেন।

গ দেওয়া আছে,

গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1400$ J
বর্জিত তাপ, $Q_2 = 800$ J
কর্মদক্ষতা, $\eta = ?$

আমরা জানি,

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$
$$= 1 - \frac{800}{1400}$$
$$= \frac{3}{7}$$
$$= 0.4286$$
$$= 42.86\%$$ **(Ans.)**

ঘ এখানে, উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 510$ K
গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2 হলে আমরা পাই,

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$
বা, $$\frac{800\text{ J}}{1400\text{ J}} = \frac{T_2}{510\text{ K}}$$
$$\therefore T_2 = 291.423\text{ K}$$

কার্নো ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা দু'ভাবে বৃদ্ধি করা যায়, যথা-

(i) **উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে:** ধরা যাক উৎসের তাপমাত্রা T'_1 করা হলে ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 0.54 হবে। সুতরাং

$$0.54 = 1 - \frac{291.43\text{ K}}{T'_1}$$
বা, $$\frac{291.43\text{ K}}{T'_1} = 1 - 0.54 = 0.46$$
$$\therefore T'_1 = \frac{291.43\text{ K}}{0.46} = 633.54\text{ K}$$

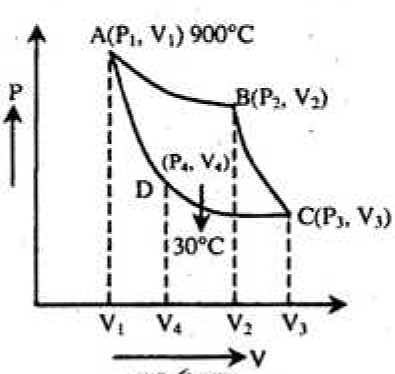
অর্থাৎ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে 633.54K – 510K = 123.54 K

(ii) **তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করে:** ধরা যাক তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা T'_2 করা হলে ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 0.54 হবে। সুতরাং

$$0.54 = 1 - \frac{T_2}{510\text{ K}}$$
বা, $$\frac{T'_2}{510\text{ K}} = 1 - 0.54 = 0.46$$
$$\therefore T'_2 = 234.6\text{ K}$$

অর্থাৎ তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে 291.43 K – 234.6 K = 56.83 K

প্রশ্ন ▶ ১০



কার্নো চক্র

[চ. বো. ২০১৬]

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কী? ১
খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বোঝ? ২
গ. উদ্দীপকের কার্নো ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা বের কর। ৩
ঘ. ইঞ্জিনটির তাপীয় দক্ষতা 100% হতে হলে উৎসের তাপমাত্রা অসীম অথবা সিংকের তাপমাত্রা '0' K হতে হবে– বিশ্লেষণ কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়, সাম্যাবস্থায় পৌঁছলে সিস্টেম থেকে আর কাজই পাওয়া যায় না। সিস্টেমের এই শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাই হচ্ছে এন্ট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থায় দিকে এগিয়ে যায় তাদের এন্ট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এন্ট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে যায়, তাই বলা যায় জগতে এন্ট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। জগতে এন্ট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌঁছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তথাকথিত তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করা হয়েছে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 900°C = 1173K$
গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 30°C = 303K$
দক্ষতা, $\eta = ?$

আমরা জানি,

$$\eta = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$
$$= \left(\frac{1173 - 303}{1173}\right) \times 100\%$$
$$= 74.168\%$$ **(Ans.)**

ঘ উৎসের তাপমাত্রা অসীম হলে, দক্ষতা,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$
$$= \left(1 - \frac{T_2}{\infty}\right) \times 100\%$$
$$= (1 - 0) \times 100\%$$
$$= 100\%$$

আবার, সিংকের তাপমাত্রা '0'K হলে, দক্ষতা,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$
$$= \left(1 - \frac{0}{T_1}\right) \times 100\%$$
$$= (1 - 0) \times 100\%$$
$$= 100\%$$

অতএব, উৎসের তাপমাত্রা-অসীম হলে এবং সিংকের তাপমাত্রা '0'K হলে, দক্ষতা 100% হবে।

প্রশ্ন ▶ ১১ একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 1200°C ও 600°C। এতে চারটি ধাপে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ যথাক্রমে 1100J, 1150J, 600J ও 300J। [চ. বো. ২০১৬]

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. গ্যাস প্রসারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা বৃহত্তর— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে তুমি এর উৎসের তাপমাত্রা বাড়াবে নাকি এর গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরিমাণ কমাবে? তুলনামূলক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সিস্টেমের শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাকে এন্ট্রপি বলে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ $\Delta U = 0$।

সুতরাং তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে– $\Delta Q = \Delta W$

অর্থাৎ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার সিস্টেমের সরবরাহকৃত তাপের সম্পূর্ণটাই কাজে রূপান্তরিত হয়।

অপরদিকে সমচাপে প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপের সম্পূর্ণটাই কাজে রূপান্তরিত হয় না, এর কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যয় হয়। এ কারণে গ্যাস প্রসারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সমচাপে প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ অপেক্ষা বৃহত্তর হয়।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ, $W_1 = 1100J$

রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকাজ, $W_2 = 1150$ J

সমোষ্ণ সংকোচনে কৃতকাজ, $W_3 = 600$ J

রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে কৃতকাজ, $W_4 = 300$ J

কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ, W = ?

কার্নো ইঞ্জিনে W_1 ও W_2 আবদ্ধ গ্যাস দ্বারা কৃতকাজ বলে ধনাত্মক হবে এবং W_3 ও W_4 আবদ্ধ গ্যাসের ওপর কৃতকাজ বলে ঋণাত্মক হবে। ফলে কার্নো ইঞ্জিনে আবদ্ধ বস্তু দ্বারা মোট কৃতকাজ হবে–

$$W = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$$
$$= 1100 + 1150 - 600 - 300$$
$$= 1350J \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের বর্ণিত কার্নো ইঞ্জিনের

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 1200°C = (1200 + 273)K = 1473$ K

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 600°C = (600 + 273)K = 873$ K

কার্নো ইঞ্জিনটির বর্তমান দক্ষতা, η হলে, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100 = \frac{1473 - 873}{1473} \times 100\% = 40.73\%$

ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে এর তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে উৎসের তাপমাত্রা 100K বাড়ালে দক্ষতা হবে η′।

এতে উৎসের নতুন তাপমাত্রা $T_1' = (1473 + 100)K = 1573$ K

এক্ষেত্রে, ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta' = \frac{T'_1 - T_2}{T_1} \times 100\% = \frac{1573 - 873}{1573} \times 100\% = 44.50\%$

আবার, উৎসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 100K কমালে উৎসের নতুন তাপমাত্রা, $T_2' = (873 - 100)K = 773K$

এক্ষেত্রে ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta'' = \frac{T_1 - T'_2}{T_1'} \times 100\% = \frac{1473 - 773}{1473} \times 100\% = 47.52\%$

লক্ষ করি, $\eta'' > \eta'$

অতএব, উদ্দীপকে উল্লিখিত কার্নো ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করার চেয়ে গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরিমাণ কমানো অধিক সমীচীন হবে।

প্রশ্ন ▶ ১২ একটি কফিপটে নাড়ানীর সাহায্যে খুব জোরে কফি নাড়া হলো। ফলে কফির আয়তন $50cm^3$ বৃদ্ধি পেল। একই সময়ে কফিপট হতে 40J তাপ পরিবহন এবং পরিচলন পদ্ধতিতে নির্গত হল। বায়ুর চাপ $= 1 \times 10^5 Nm^{-2}$। /সি. বো. ২০১৭/

ক. তাপীয় সিস্টেম কী? ১

খ. ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই 100% হতে পারে না– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কফির উপর কতটুকু কাজ করা হল? ৩

ঘ. এটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে কিনা যাচাই করে ব্যাখ্যা কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থের একটি নির্দিষ্ট অংশ, তাপগতীয় স্থানাঙ্কের সাহায্যে যার অবস্থার বর্ণনা দেয়া যায় তাদেরকে তাপগতীয় সিস্টেম বলে।

খ মনে করি, কোনো ইঞ্জিন তাপ উৎস হতে প্রতি চক্রে Q_1 পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে এবং Q_2 পরিমাণ তাপ গ্রাহকে বর্জন করে।

তাহলে ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

100% দক্ষতার ক্ষেত্রে ইঞ্জিনটি কোনো তাপ বর্জন করতে পারবে না অর্থাৎ $Q_2 = 0$। কিন্তু তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রে বলা হয়েছে- এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবলমাত্র একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে। সুতরাং কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হতে পারে না।

গ দেওয়া আছে,

বায়ুর চাপ, $P = 1 \times 10^5 \text{ N·m}^{-2}$

আয়তন পরিবর্তন, $\Delta V = 50 \text{ cm}^3 = 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

কফির উপর কৃত কাজ, W = ?

আমরা জানি,

$$W = P\Delta V$$
$$= 1 \times 10^5 \times 50 \times 10^{-6}$$
$$= 5 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

বায়ুর চাপ, $P = 1 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$

আয়তন বৃদ্ধি, $dV = 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

তাপশক্তি পরিবর্তন, $dQ = -40J$

অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন dU হলে,

$$dQ = dU + dW$$
বা, $dQ = dU + PdV$

বা, $-40 = dU + 1 \times 10^5 \times 50 \times 10^{-6}$

বা, $dU = -40 - 5$

বা, $dU = -45$ J

অর্থাৎ তাপশক্তি হ্রাস পাওয়ার দরুন অন্তঃস্থশক্তিও হ্রাস পেয়েছে।

সুতরাং এটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে।

প্রশ্ন ▶ ১৩ 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস চেম্বারে 1 বায়ু মন্ডলীয় চাপে 100 kgm^{-3} ঘনত্বের CO_2 গ্যাস আছে। চেম্বারটিতে গ্যাসের চাপ 2 বায়ু মন্ডলীয় করা হলে চেম্বারটি হঠাৎ ফেটে যায়। (γ = 1.33).

/সি. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৬/

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল? ৩

ঘ. চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্বের কেমন পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ কার্নো ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপশক্তি ও ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তির অনুপাতকে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ সমীকরণে, T_1 হলো উৎসের তাপমাত্রা এবং T_2 গ্রাহকের তাপমাত্রা। উক্ত সমীকরণ অনুসারে, T_2 এর মান যত হ্রাস পাবে, $(T_1 - T_2)$ এর মান তত বৃদ্ধি পাবে। $T_1 - T_2$ এর মান যত বাড়বে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা তত বাড়বে। এ কারণে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

গ উদ্দীপক অনুসারে, $\gamma = 1.33$

প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 27°C = (273 + 27)\ K = 300\ K$

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 2$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

আমরা জানি,

$$T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \times \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$= 300 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1-1.33}{1.33}}$$

$$= 356.297\ K$$

$$= 83.297°C\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

প্রাথমিক ঘনত্ব, $\rho_1 = 100\ kgm^{-3}$

প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 27°C = 300\ K$

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 2$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

'গ' অংশ হতে পাই,

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 356.297\ K$

চূড়ান্ত ঘনত্ব, $\rho_2 = ?$

ঘনত্বের পরিবর্তন, $\Delta\rho = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{\rho_1 T_1}{P_1} = \frac{\rho_2 T_2}{P_2}$$

$$\text{বা, } \rho_2 = \frac{\rho_1 \times T_1 \times P_2}{P_1 \times T_2}$$

$$= \frac{100 \times 300 \times 2}{1 \times 356.297}$$

$$= 168.4\ kgm^{-3}$$

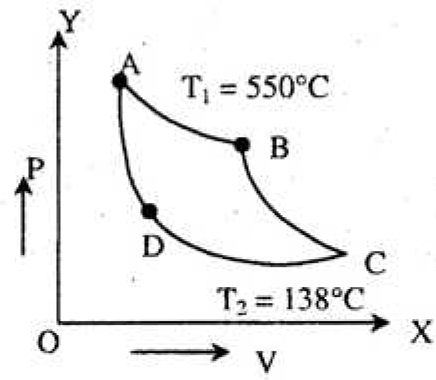
$$\therefore \Delta\rho = (\rho_2 - \rho_1)$$

$$= (168.4 - 100)\ kgm^{-3}$$

$$= 68.4\ kgm^{-3}$$

অতএব, চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্ব $68.4\ kgm^{-3}$ বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ১৪ একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎস এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 550°C এবং 138°C। সমোষ্ণ প্রসারণে গৃহীত তাপের পরিমাণ 750J।



[য. বো. ২০১৭]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী? ১

খ. গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ $20.8J\ mole^{-1}K^{-1}$ বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনের তৃতীয় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ বৃদ্ধি করতে কি ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তাহলে প্রথমোক্ত বস্তু দুইটিও পরস্পরের সাথে সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ কোন পদার্থের 1 মোলের উষ্ণতা 1K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ $20.8\ J\ mole^{-1}K^{-1}$ বলতে বোঝায় চাপ অথবা আয়তন স্থির রেখে ঐ গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে 20.8J তাপশক্তি প্রয়োজন হয়।

গ দেওয়া আছে,

সমোষ্ণ প্রসারণে গৃহিত তাপের পরিমাণ, $Q_1 = 750\ J$

উৎসের তাপমাত্রা $T_1 = (550 + 273)K = 823\ K$

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = (138 + 273)\ K = 411K$

মনে করি, সমোষ্ণ সংকোচনে (CD অংশে) বর্জিত তাপ $= Q_2$

CD অংশে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $S_{CD} = ?$

প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া হওয়ায়,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$$

$$\therefore S_{CD} = -S_{AB} = -\frac{Q_2}{T_2} = \frac{-Q_1}{T_1}$$

$$\text{বা, } S_{CD} = \frac{-750}{823}$$

$$\therefore S_{CD} = -0.911\ Jk^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 550°C = (550 + 273)K = 823K$

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 138°C = 411K$

$$\text{কর্মদক্ষতা, } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 50.06\%$$

দক্ষতা দ্বিগুণ বা 100% করতে মনে করি গ্রাহকের তাপমাত্রা T′ করতে হবে।

তাহলে, $1 = 1 - \frac{T'}{T_1}$

বা, $\frac{T'}{T_1} = 0$

$\therefore$ T′ = 0K

কিন্তু প্রকৃতিতে 0K তাপমাত্রা অর্জন সম্ভব নয়। অতএব, উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে। মনে করি, এই পরিবর্তিত তাপমাত্রা T_1'

$\therefore 1 - \frac{T_2}{T_1'} = 1$

বা, $\frac{T_2}{T_1'} = 0$

$\therefore T_1' = \infty$; যা বাস্তব সম্মত নয়, কারণ এতে অসীম শক্তি সরবরাহ করতে হয়।

অর্থাৎ তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা 100% পাওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ১৫ একটি কার্নো ইঞ্জিন 327°C এবং 27°C পরিসরে কাজ করে তাপ উৎস থেকে 6000J তাপ গ্রহণ করে কিছু তাপ কাজে রূপান্তর করে এবং অবশিষ্ট তাপ গ্রাহকে বর্জন করে। *[য. বো. ২০১৬]*

ক. এনট্রপি কী? ১

খ. একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন সিস্টেমের শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতা বা অসম্ভাব্যতাকে বা রূপান্তরের জন্য শক্তির অপ্রাপ্ততাকে এনট্রপি বলে।

খ দুটি বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ এখানে,

উচ্চ তাপমাত্রা, $T_1 = 327°C = 600K$

নিম্ন তাপমাত্রা, $T_2 = 27°C = 300K$

তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 6000$ J

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = ?$

আমরা জানি,

$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$

বা, $Q_2 = \frac{Q_1 T_2}{T_1}$

$= \frac{(6000\ J) \times (300\ K)}{(600\ K)}$

= 3000 J **(Ans.)**

ঘ ১৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ১৬ 1 kW ক্ষমতার একটি ইলেকট্রিক কেটলীতে গ্রীষ্মকালে 1 লিটার পানি 5 মিনিটে ফুটে। কিন্তু শীতকালে একই পরিমাণ পানি ফুটতে 1 মিনিট সময় বেশি লাগে। কক্ষতাপমাত্রার তারতম্যের কারণে এরূপ হয়ে থাকে। *[য. বো. ২০১৬]*

ক. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কী? ১

খ. গ্যাসের ক্ষেত্রে দু'টি আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. শীতকালে কেটলীটি কত ক্যালরি তাপ উৎপন্ন করে। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কক্ষতাপমাত্রার তারতম্য নির্ণয় করে শেষোক্ত উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ করা হলে উষ্ণতার সাথে সাথে গ্যাসের চাপ অথবা আয়তন অথবা উভয়ই পরিবর্তিত হয়। তাই কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধি করতে বিভিন্ন ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণও বিভিন্ন হয়। সেজন্য গ্যাসের ক্ষেত্রে দুই ধরনের আপেক্ষিক তাপ গুরুত্বপূর্ণ।

i. স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ

ii. স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ।

গ এখানে, কেটলীর ক্ষমতা, P = 1kW = 1000W

শীতকালে সময়কাল, t = 5 min + 1 min = 6 min = 6×60 sec = 360 sec

বের করতে হবে উৎপন্ন তাপ, Q = ?

জুলে উৎপন্ন তাপ, Q = Pt = 1000W × 360 sec = 360000J

ক্যালরিতে উৎপন্ন তাপ, $Q = \frac{360000J}{4.2J/cal} = 85714.28$ cal **(Ans.)**

ঘ মনে করি, শীতকালে কক্ষের তাপমাত্রা তথা পানির আদি তাপমাত্রা θ°C

$\therefore$ শীতকালে পানি কর্তৃক শোষিত তাপ

$= mS\Delta\theta = 1kg \times 4200\ Jkg^{-1}K^{-1} \times (100 - \theta)K = 360000J$

[এখানে, S হলো পানির আপেক্ষিক তাপ এবং আমরা জানি, 1L পানির ভর 1 kg]

বা, $100 - \theta = \frac{360000}{1 \times 4200} = 85.71$

$\therefore \theta = 100 - 85.71 = 14.29°C$

অনুরূপ, গরমকালে পানি কর্তৃক শোষিত তাপ,

$= mS\Delta\theta' = 1 \times 4200 \times (100 - \theta') = 5\ min \times 1000W$

$= 300\ sec \times 1000W$

$= 300000J$

$\therefore 100 - \theta' = \frac{300000}{4200} = 71.43$

বা, $\theta' = 100 - 71.43 = 28.57°C$

সুতরাং শীতকাল ও গরমকালে কক্ষতাপমাত্রার তারতম্য

$= \theta' - \theta = 28.57°C - 14.29°C = 14.28°C$

অতএব উদ্দীপকের শেষোক্ত উক্তিটি যথার্থ। কারণ কক্ষ তাপমাত্রায় তারতম্যের কারণেই এরূপ হয়ে থাকে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ 0°C তাপমাত্রার 505g বরফকে 47.5°C তাপমাত্রার 4.8kg পানির সাথে মেশানো হল। [বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ l_f = 3,36,000 Jkg^{-1}, পানির আপেক্ষিক তাপ S = 4200$Jkg^{-1}K^{-1}$ ও পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ l_v = 22,68,000Jkg^{-1}।

[য. বো. ২০১৭]

ক. হল ক্রিয়া কী? ১

খ. ধাতুসমূহের সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে কী ঘটনা ঘটত ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে শুধু বরফ গলার ফলে এন্ট্রপির কত পরিবর্তন হবে? ৩

ঘ. তুমি কীভাবে উদ্দীপকের মিশ্রণের মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করবে তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পাত আকারের তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলে তড়িৎ প্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর দুই বিপরীত প্রান্তে একটি বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়, এ ঘটনাই হলো হল ক্রিয়া।

খ ধাতু সমূহের সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে, যেকোনো কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে তা হতে ইলেকট্রন নির্গত হতো। ফলে ধাতব পদার্থের স্থায়ীত্ব এবং অস্তিত্বই থাকতো না।
আমরা জানি, যে সর্বনিম্ন কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে ধাতু হতে ইলেকট্রন নির্গত হয় সেই সর্বনিম্ন কম্পাঙ্কই হলো ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক। এখন সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে যে কোনো কম্পাঙ্কের রশ্মি তথা তরঙ্গের আঘাতে ধাতু হতে ক্রমাগত ইলেকট্রন নির্গত হবে। ফলে ধাতুর পারমাণবিক কাঠামো অস্থায়ী হয়ে যাবে এবং ধাতু ক্রমাগত পরিবর্তিত হবে।

গ দেওয়া আছে,
বরফের ভর, $m = 505\ g = 0.505\ kg$
বরফগলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_f = 336000\ Jkg^{-1}$
তাপমাত্রা, $T = 0°C = 273\ K$
বের করতে হবে, এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = ?$
আমরা জানি,

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{mL_f}{T}$$

বা, $$\Delta S = \frac{0.505 \times 336000}{273}$$

$$\therefore \ \Delta S = 621.54\ JK^{-1}$$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,
বরফের ভর, $m_i = 505\ gm = 0.505\ kg$
পানির ভর, $m_w = 4.8\ kg$
পানির তাপমাত্রা, $\theta_w = 47.5°C$
পানির আপেক্ষিক তাপ, $s_w = 4200J$
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_f = 3.36 \times 10^5\ Jkg^{-1}$
মনেকরি, মিশ্রণের তাপমাত্রা $\theta°C$
$\therefore$ 0°C তাপমাত্রার বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে সরবরাহকৃত শক্তি, $H_1 = m_i l_f$

$$= 0.505 \times 3.36 \times 10^5 J$$
$$= 169680J$$

0°C তাপমাত্রার বরফ গলা পানিকে θ°C তাপমাত্রায় আনতে সরবরাহকৃত শক্তি, $H_2 = m_i s_w \theta$

বা, $H_2 = 0.505 \times 4200 \times \theta$
$$= 2121\theta$$

47.5°C তাপমাত্রার 4.8 kg পানিকে θ°C তাপমাত্রায় আনতে বর্জিত তাপ, $H_3 = m_w s_w (47.5 - \theta)$

বা, $H_3 = 4.8 \times 4200 \times (47.5 - \theta)$
$$= 957600 - 20160\theta$$

গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ,
$\therefore \ H_1 + H_2 = H_3$
বা, $169680 + 2121\theta = 957600 - 20160\theta$
বা, $22281\theta = 787920$
$\therefore \ \theta = 35.36°$

আবার, 0°C তাপমাত্রায় 0.505kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{m_i l_f}{0 + 273}$

$$= \frac{0.505 \times 336000}{273}$$
$$= 621.54\ JK^{-1}$$

0°C তাপমাত্রার 0.505kg পানিকে 35.36°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_2 = m_i s_w\, ln \left(\frac{35.36 + 273}{273}\right)$

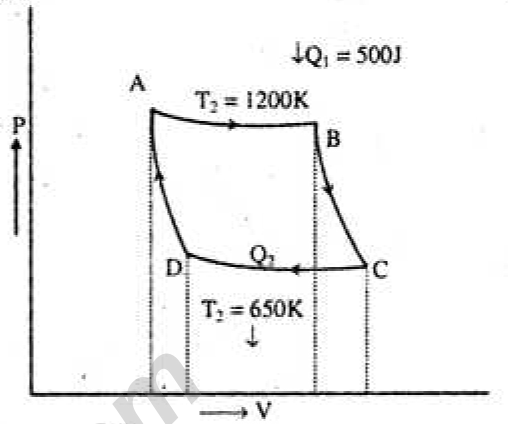
$$= 0.505 \times 4200 \times ln \left(\frac{308.36}{273}\right)$$
$$= 258.33\ JK^{-1}$$

আবার, 47.5°C তাপমাত্রার 4.8kg পানিকে 35.36°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_3 = m_w s_w\, ln \left(\frac{35.36 + 273}{47.5 + 273}\right)$$
$$= 4.8 \times 4200 \times ln \left(\frac{308.36}{320.5}\right)$$
$$= -778.46\ JK^{-1}$$

$\therefore$ মোট এন্ট্রপির পরিমাণ, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$
$$= 621.54 + 258.33 - 778.46$$
$$= 101.41\ JK^{-1}$$

প্রশ্ন ▶১৮ নিচে কার্নো চক্রের চারটি ধাপ P-V লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করা হলো: *[ব. বো. ২০১৫]*



ক. তাপীয় সমতা কী? ১
খ. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিত্যতা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ — ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উল্লেখিত কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বের কর। ৩
ঘ. চক্রটির প্রতি ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন এর তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি ভিন্ন তাপমাত্রার বস্তুকে পরস্পরের তাপীয় সংস্পর্শে রাখলে তাপের আদান-প্রদানের মাধ্যমে এরা সমতাপমাত্রায় উপনীত হওয়ার পর এদের মধ্যে আর তাপের আদান-প্রদান হয় না, এ অবস্থাকে তাপীয় সমতা বলে।

খ তাপ ও কাজের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনের উদ্দেশ্যে জুলের বিবৃতি অনুযায়ী তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হচ্ছে, যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তর করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক। কোন সিস্টেমের উপর Q পরিমাণ তাপ সরবরাহ করায় যদি W পরিমাণ কাজ হয় তবে, $W = JQ$
কিন্তু কোনো সিস্টেমে তাপ সরবরাহ করা হলে এর সবটাই কাজে রূপান্তরিত হয় না, এর কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যয় হয়। এ সম্পর্কে ক্লসিয়াসের বিবৃতি অনুযায়ী, $Q = \Delta U + W$; এখানে ΔU = অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন।
অর্থাৎ সিস্টেমের উপর সরবরাহকৃত কাজের একটি অংশ কাজে রূপান্তরিত হয় এবং আর একটি অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তনে ব্যয় হয়, কোনো তাপ ধ্বংস হয় না।
অতএব, বলা যায় যে, তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র মূলত শক্তির নিত্যতা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ।

গ ৯(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 45.83%

ঘ প্রথম ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{500J}{1200K} = 0.417\ JK^{-1}$
দ্বিতীয় ও চতুর্থ ধাপ রূদ্ধতাপীয় হওয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য।
তৃতীয় ধাপে বর্জিত তাপ Q_2 হলে, $Q_2 = \frac{T_2}{T_1} Q_1 = \frac{650K}{1200K} \times 500J$
$$= 270.83J$$

$\therefore$ তৃতীয় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_3 = -\frac{Q_2}{T_2} = -\frac{270.83J}{650K}$
$= -0.417\ JK^{-1}$

এখানে, ১ম ধাপে সমোষ্ণ প্রসারণ ঘটে এবং এনট্রপি বৃদ্ধি পায়। আবার তৃতীয় ধাপে সমোষ্ণ সংকোচন ঘটে তাই এনট্রপি হ্রাস পায়। দেখা যাচ্ছে ১ম ধাপে যে পরিমাণ এনট্রপি বৃদ্ধি পায়, তৃতীয় ধাপে ঠিক একই পরিমাণ এনট্রপি হ্রাস পায়। একারণে সম্পূর্ণ চক্রে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = 0.417 + 0 - 0.417 - 0 = 0$

অর্থাৎ সম্পূর্ণ চক্রে এনট্রপি ধ্রুব থাকে এবং শূন্য।

প্রশ্ন ▶ ১৯ একটি কার্নো ইঞ্জিন 510K তাপমাত্রায় তাপ উৎস হতে 1400J তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ গ্রাহকে 800J তাপ বর্জন করে।

[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী? ১

খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝায়? ২

গ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 54% হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

৯ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২০ একটি ডিজেল ইঞ্জিনের সিলিন্ডারের ভেতর 1 বায়ুচাপ এবং 20°C তাপমাত্রায় $800cm^3$ পরিমাণ বায়ু ছিল। পরে চাপের দ্বারা তা $60cm^3$ আয়তনে সংকুচিত করা হলো। এখানে বাতাসকে আদর্শ গ্যাস হিসেবে ধরে নাও ($\gamma = 1.40$) এবং সংকোচন প্রক্রিয়াটি হলো রুদ্ধতাপীয় (n = 1 মোল, $R = 8.31\ JK^{-1}\ mol^{-1}$)

[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী? ১

খ. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বায়ুর চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপরোক্ত গ্যাস দ্বারা সম্পন্ন কাজের পরিমাণ কত হবে? একে কক্ষ তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সম্পন্ন কাজের সাথে তুলনার উদ্দেশ্যে গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে চাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রে তাপকে কাজে রূপান্তরের সম্ভাব্যতা সম্পর্কে বলা হয়েছে। তাপকে কখনোই সম্পূর্ণরূপে কাজে রূপান্তর করা সম্ভব নয় এবং তাপ কখনোই স্বতস্ফূর্তভাবে শীতলতর বস্তু হতে উষ্ণতর বস্তুতে সঞ্চালিত হয় না।

T_1 তাপমাত্রার কোনো উষ্ণতর বস্তু হতে dQ পরিমাণ তাপ T_2 তাপমাত্রার কোনো শীতল বস্তুতে প্রবাহিত হলে এন্ট্রপির পরিবর্তন:

$$dS = -\frac{dQ}{T_1} + \frac{dQ}{T_2}$$
$$= \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) dQ$$

$T_1 > T_2$ হলে, $\frac{1}{T_2} > \frac{1}{T_1}$

$\therefore dS > 0$। অতএব, তাপের সর্বদা স্বতঃস্ফূর্ত প্রবাহ সর্বদা উষ্ণতর বস্তু থেকে শীতলতর বস্তুতে।

আবার, T_2 তাপমাত্রার শীতল বস্তু থেকে dQ_2 পরিমাণ তাপ নিয়ে T_1 তাপমাত্রার উষ্ণ বস্তুতে dQ_1 তাপ দিলে এন্ট্রপির পরিবর্তন:

$$dS = -\frac{dQ_2}{T_2} + \frac{dQ_1}{T_1}$$

$dQ_1 = dQ_2$ হলে, $dS < 0$; যা অসম্ভব।

$\therefore dQ_1 > dQ_2$, অর্থাৎ কোনো ইঞ্জিন স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে শীতলতর বস্তু থেকে তাপ উষ্ণ বস্তুতে ছড়তে পারে না যদি না ইঞ্জিনের উপর বাইরে থেকে কাজে সম্পন্ন না হয়। এটাই এ সূত্রের মূল প্রতিপাদ্য।

গ চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2 হলে,

$$T_2V_2^{\gamma-1} = T_1V_1^{\gamma-1}$$
$$\text{বা, } T_2 = T_1\frac{V_1^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}}$$
$$= T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$
$$= 293\left(\frac{800}{60}\right)^{1.4-1}$$
$$= 825.74K$$
$$= 552.74°C\ (\textbf{Ans.})$$

এখানে,
আদি তাপমাত্রা,
$T_1 = 20°C = 20 + 273 = 293K$
আদি আয়তন, $V_1 = 800cm^3$
শেষ আয়তন, $V_2 = 60cm^3$
$\gamma = 1.4$

ঘ উপরিউক্ত গ্যাস দ্বারা রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ W_1 হলে,

$$W_1 = \frac{nR}{1-\gamma}\Delta T$$
$$= \frac{nR}{1-\gamma}(T_2 - T_1)$$
$$= \frac{1 \times 8.314}{1-1.4}(825.74 - 293)$$
$$= -11.07kJ$$

এখানে,
মোলসংখ্যা, n = 1 mol
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 20°C = 293K$
'গ' হতে চূড়ান্ত তাপমাত্রা,
$T_2 = 825.74K$

কক্ষ তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসটি দ্বারা কৃতকাজ, W_2 হলে,

$$W_2 = nRT\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$
$$= 1 \times 8.314 \times 298 \times \ln\left(\frac{60}{800}\right)$$
$$= -6.417kJ$$

এখানে,
তাপমাত্রা, T = 25°C = 298K
আদি আয়তন, $V_i = 800cm^3$
চূড়ান্ত আয়তন, $V_f = 60cm^3$

অর্থাৎ, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের উপর কৃতকাজের মান কক্ষ তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ২১ একটি সিলিন্ডারে 27°C তাপমাত্রায় এবং 76cmHg চাপে একটি গ্যাস রাখা আছে। সমোষ্ণ এবং রুদ্ধতাপীয় উভয় প্রক্রিয়াতেই গ্যাসটির আয়তন প্রারম্ভিক আয়তনের অর্ধেক করা হল। ($\gamma = 1.4$)

[পাবনা ক্যাডেট কলেজ, পাবনা]

ক. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. একটি সিস্টেমে তাপ দেয়া হলে, গ্যাসের কী কী পরিবর্তন সম্ভব? ২

গ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসটির শেষ চাপ কত হবে? ৩

ঘ. সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় শেষ তাপমাত্রার অনুপাত কত 1 : 2 - উক্তটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ধ্রুব থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে।

খ একটি সিস্টেমে তাপ দেয়া হলে, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুযায়ী মূলত দুটি ঘটনা ঘটে—

– কিছু তাপশক্তি সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে।

– অবশিষ্ট তাপশক্তি পরিবেশের উপর বাহ্যিক কাজ করে।

উল্লেখ্য যে, যদি তাপ খুব ধীরে ধীরে অর্থাৎ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় দেয়া হয়, তবে অভ্যন্তরীণ শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না। সম্পূর্ণ শক্তিই ব্যয়িত হয় বাহ্যিক কাজ করতে। বাহ্যিক কাজ করা বলতে বোঝায় সিস্টেমের আয়তনের পরিবর্তন করতে কৃতকাজকে।

গ Y ছাত্রের তাপগতীয় প্রক্রিয়াটি হলো রুদ্ধতাপীয়।

আদি আয়তন V_1 হলে চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = \frac{V_1}{2}$

আদিচাপ, $P_1 = 76cm\ HgP$

মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত, $\gamma = 1.4$

বের করতে হবে, চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = ?$

আমরা জানি,

$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$

$\therefore P_2 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = 76\text{cm HgP} \times \left(\frac{V_1}{\frac{V_1}{2}}\right)^{1.4}$

$= 200.6 \text{ cm HgP}$ **(Ans.)**

ঘ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায়,

আদি তাপমাত্রা, T_1' এবং শেষ তাপমাত্রা, T_2'

$\therefore T_1' = 27°C = 300 \text{ K}$

আবার, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, আদি ও শেষ তাপমাত্রা T_1 ও T_2 এবং আদি ও শেষ আয়তন V_1 ও V_2 হলে,

$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

উদ্দীপক অনুযায়ী,

$V_2 = \frac{V_1}{2} \Rightarrow V_1 = 2V_2$

$\therefore T_2^{\gamma-1} V_2^{\gamma-1} = T'_2V_2^{\gamma-1}$

$\Rightarrow T_2 = T_2^{\gamma-1}$

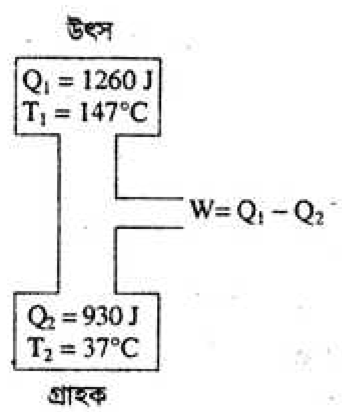
$= 300 \times 2^{1.4-1}$

$= 395.8 \text{ K}$

$\therefore \frac{T_1'}{T_2'} = \frac{300}{395.8} = 0.76 \neq \frac{1}{2}$

অতএব, প্রদত্ত উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶২২



[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. লরেঞ্জ বল কি? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কোনো সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় —ব্যাখ্যা করো? ২

গ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তোমার মতামতসহ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর যে, ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী না অপ্রত্যাবর্তী? ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন স্থানে একই সময়ে একটি তড়িৎক্ষেত্র ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল আধান যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ আমরা জানি,

$dQ = dU + pdV$

$= dU + dW$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$dQ = 0$

$\therefore dU = -dW$ বা, $dW = -dU$

তাহলে দেখা যাচ্ছে, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কাজ সম্পন্ন করার জন্য অভ্যন্তরীণ শক্তি হ্রাস পায়।

সুতরাং, 'রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কোনো সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়'- উক্তিটি যথার্থ নয়।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶২৩ 25°C তাপমাত্রা এবং 1 atm চাপবিশিষ্ট শুষ্ক বায়ুকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে আয়তন অর্ধেক করা হলো। ($\gamma = 1.4$)

[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. এনট্রপি কী? ১

খ. কার্নোর ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 60% বলতে কী বোঝায়? ২

গ. চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপরের প্রক্রিয়াটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় করা হলে, রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের সাথে চূড়ান্ত চাপের তুলনা করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ কার্নো ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 60% বলতে বোঝায় এটি প্রতি চক্রে যে পরিমাণ তাপ উৎস হতে গ্রহণ করে তার 60 শতাংশ তাপ কার্যকর শক্তিতে পরিণত করবে এবং বাকি 40 শতাংশ তাপ গ্রাহককে ছেড়ে দেয়।

গ দেওয়া আছে,

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 25°C = (25 + 273) \text{ K} = 298\text{K}$

আদি আয়তন V_1 হলে, পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = \frac{V_1}{2}$

স্থির চাপে ও স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত $\gamma = 1.4$

বের করতে হবে, চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

আমরা জানি,

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $T_2V_2^{\gamma-1} = T_1V_1^{\gamma-1}$

$\therefore T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 298\text{K} \times \frac{V_1}{2}$

$= 393.2 \text{ K}$

$= 120.2°C$

ঘ সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপীয় — উভয় প্রক্রিয়ায় আদি আয়তন ও চূড়ান্ত আয়তনের অনুপাত, $V_1 : V_2 = 2 : 1$

এবং আদি চাপ, $P_1 = 1\text{atm}$

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $P_1V_1 = P_2V_2$

$\therefore P_2 = P_1\frac{V_1}{V_2} = 1 \text{ atm} \times \frac{2}{1} = 2 \text{ atm}$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$

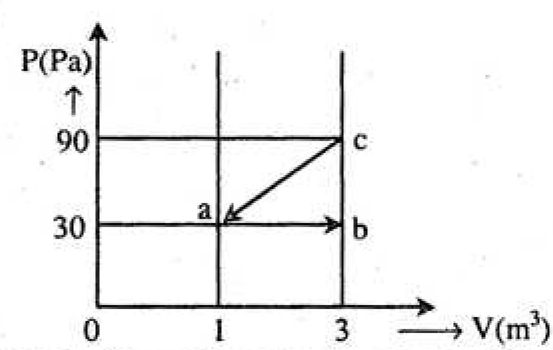
বা, $P_2 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = 1 \text{ atm} \times 2^{1.4} = 2.64 \text{ atm}$

রুদ্ধতাপীয় ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত চাপের অনুপাত

$= \frac{2.64 \text{ atm}}{2 \text{ atm}} = 1.32$

রুদ্ধতাপীয় ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত চাপের অনুপাত = 1.32 : 1

প্রশ্ন ▶২৪



চিত্রে একটি বস্তু a বিন্দু থেকে কাজ শুরু b হয়ে c বিন্দুতে পৌছায়। তারপর আবার a বিন্দুতে ফিরে আসে। যদি $U_a = 0J$, $U_b = 30J$ হয় এবং b থেকে c বিন্দুতে যেতে 50J তাপ শোষিত হয়।

[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ, ফেনী]

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কি? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাস সংকুচিত হলে অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. c বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি বের করো? ৩

ঘ. c থেকে a বিন্দুতে যেতে বস্তুটি কত তাপ গ্রহণ বা বর্জন করবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক বস্তুর মধ্যে একটা সহজাত শক্তি নিহিত থাকে, যা কাজ সম্পাদন করতে পারে যা অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হতে পারে। বস্তুর অভ্যন্তরস্থ অণু, পরমাণু ও মৌলিক কণাসমূহের রৈখিক গতি, স্পন্দন গতি ও আবর্তন গতি এবং তাদের মধ্যকার পারস্পরিক বলের কারণে উদ্ভূত এই শক্তিকেই অন্তস্থ শক্তি বলে।

খ যেকোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ায়, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$
রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,
$0 = \Delta U + \Delta W$
$\therefore \Delta U = -\Delta W$
সংকোচনের ক্ষেত্রে সিস্টেমের উপর কাজ করা হয়। সিস্টেমের উপর কাজ করা হলে ΔW ঋণাত্মক হয়। সুতরাং রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে অন্তস্থ শক্তির পরিবর্তন ΔU ধনাত্মক হয়। অন্তঃস্থ শক্তি তাপমাত্রার সমানুপাতিক। একারণেই রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে,
a বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_a = 0\ J$
b বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_b = 30\ J$
b থেকে c বিন্দুতে যেতে শোষিত তাপ, $Q_{bc} = 50\ J$
C বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_c = ?$
b থেকে c বিন্দুতে যেতে প্রয়োজনীয় অভ্যন্তরীণ শক্তি, U_{bc} হলে
আমরা জানি,
$Q_{bc} = U_{bc} + P.\Delta V$
বা $50\ J = U_{bc} + P \times 0$
$\therefore U_{bc} = 50\ J$
আবার, $U_c = U_a + U_b + U_{bc}$
$\therefore U_c = (0 + 30 + 50)\ J = 80\ J$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,
c বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_c = 80\ J$ [গ থেকে প্রাপ্ত]
a বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি, $U_a = 0\ J$
c থেকে a বিন্দুতে যেতে বস্তুটি তাপ বর্জন করার ফলে a বিন্দুতে অভ্যন্তরীণ শক্তি 0 J হবে।
হ্রাসকৃত অভ্যন্তরীণ শক্তি,
$U_{ca} = U_c - U_a = (80 - 0)\ J = 80\ J$
c বিন্দু থেকে a বিন্দুতে যেতে কাজের পরিবর্তন, W = ca রেখা ও আয়তন অক্ষ দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রফলের সমান।
বা, $dW = \frac{1}{2}(30 + 90) \times 2$
$= 120\ J$
সুতরাং c থেকে a বিন্দুতে গেলে মোট বর্জিত তাপশক্তি,
$Q = U_{ca} + W = (80 + 120)\ J$
$= 200\ J$

প্রশ্ন ▶২৫ তাপ ইঞ্জিনের একটি অংশ 600K-এর তাপ উৎস থেকে 1200J তাপ শোষণ করে। এটি 300K তাপমাত্রার একটি সিংকে 600J তাপ প্রদান করে। *[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ]*

ক. মোলার তাপধারণ ক্ষমতা কি? ১
খ. $C_P > C_V$ কেন হয়? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা বের করো। ৩
ঘ. তাপ ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী অপ্রত্যাগামী? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থির চাপে বা স্থির আয়তনে এক মোল গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে প্রয়োজনীয় তাপ হলো স্থির চাপে বা স্থির আয়তনে মোলার তাপধারণ ক্ষমতা।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।
স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।
$\therefore C_P = C_V + x$; x হলো স্থিরচাপ P তে dV আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ, $X = PdV$
$\therefore C_P > C_V$

গ ৫ (গ) নং সজৃনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৫ (ঘ) নং সজৃনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶২৬ তাহমিদ এবং রাফি দুটি তাপ ইঞ্জিনে তৈরি করলো। তাপ উৎসের তাপমাত্রা ছিলো যথাক্রমে 600K ও 500K। তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 500K ও 400K. তাহমিদ বললো, "আমার ইঞ্জিন বেশি দক্ষ"। *[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]*

ক. এনট্রপি কী? ১
খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে অর্ধপরিবাহীর রোধ কমে– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রাফির ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তাহমিদের বক্তব্যের যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেক্ট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙ্গে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন প্রয়োজনীয় শক্তি অর্জন করে যোজন ব্যান্ড হতে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায়। ফলে পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ ৫ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 20%

ঘ তাহমিদের ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T'_1 = 600K$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T'_2 = 500K$
তাহমিদের ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta' = 1 - \frac{T'_2}{T'_1} = 1 - \frac{500K}{600K} = 16.67\%$
সুতরাং তাহমিদের ইঞ্জিনের দক্ষতা 16.67% এবং 'গ' হতে রাফির তৈরি ইঞ্জিনের দক্ষতা দেখা গেল 20%। দেখা যাচ্ছে তাহমিদ ও রাফি উভয়ের ইঞ্জিনের তাপমাত্রার ব্যবধান সমান হলেও দক্ষতা সমান নয়।
তাহমিদের ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta' <$ রাফির ইঞ্জিনের দক্ষতা, η।
সুতরাং তাহমিদের দাবি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶২৭ রহিম 250 gm ভরের এবং 0°C তাপমাত্রার একটি বরফ খণ্ড একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে ফেলে দিল। মাটিতে পড়ার পর শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতির জন্যে বরফ খণ্ডটি 10% গলে গেল। এখানে বরফ গলনের সুপ্ততাপ এবং পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 3360 kJ/kg এবং $4.2\ kJkg^{-1}K^{-1}$। *[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]*

ক. মিয়ার প্রজেক্ট কি? ১

খ. গ্যাসীয় পদার্থের দুটি আপেক্ষিক তাপ রয়েছে সংক্ষেপে কারণগুলো ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রহিম কত উচ্চতা থেকে বরফ খন্ডটি ফেলেছিল? ৩

ঘ. আমরা একটি বরফ খণ্ডকে যদি 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে চাই তবে সেখানে এনট্রপির পরিবর্তন হবে —উপযুক্ত গাণিতিক প্রমাণসহ তোমার মতামত দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক উদ্দীপিত লেজারের মাধ্যমে আইসোটোপ পৃথকীকরণ।

খ কোনো পদার্থের এক মোলের উষ্ণতা 1 কেলভিন বাড়াতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য পদার্থের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে। কঠিন ও তরল পদার্থের বেলায় এই পরিবর্তন নগন্য বলে উপেক্ষা করা যায়। কিন্তু গ্যাসের জন্য এই পরিবর্তন অনেক বেশি হওয়ায় গ্যাসের আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা দেওয়ার সময় চাপ ও আয়তনের শর্ত নির্দিষ্ট করে দেওয়া প্রয়োজন। তাই গ্যাসীয় পদার্থের দুইটি আপেক্ষিক তাপ রয়েছে- (i) স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ ও (ii) স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ।

গ এখানে,

বরফের ভর, $m = 250\text{ g} = 0.25\text{ kg}$

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_f = 3360 \times 10^3$ J/kg

পানির আ. তাপ $= 4.2 \times 10^3$ J/ kg.K

উচ্চতা, h = ?

10% বরফ গলাতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$H = \frac{10}{100} \times ml_f$$

বা, $H = (0.1 \times 0.25 \times 3.36 \times 10^5)$J

$\therefore H = 8400$ J

এখন, W = H

$\Rightarrow mgh = 8400$

$$\therefore h = \frac{8400}{0.25 \times 9.8}$$

$= 3428.57$ m **(Ans.)**

ঘ এখানে, বরফের ভর, $m = 250\text{ gm} = 0.25$ kg

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততপ, $l_f = 3.36 \times 10^5$ J/kg.K

পানির আপেক্ষিক তাপ S = 4200 J/kg.K

পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ, $l_v = 2.26 \times 10^6$J/kg.K

0°C তাপমাত্রার বরফ খণ্ডকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন, $S_1 = \frac{ml_f}{T_i}$

$$\text{বা, } S_1 = \frac{0.25 \times 3.36 \times 10^5}{273}$$

$\therefore S_1 = 307.7\ JK^{-1}$

0°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন, $S_2 = mS \ln\frac{T_2}{T_1}$

বা, $S_2 = 0.25 \times 4200 \times \ln\frac{373}{273}$

$\therefore S_2 = 327.71\ JK^{-1}$

100°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন, $S_3 = \frac{ml_v}{T_s}$

$$\text{বা, } S_3 = \frac{0.25 \times 2.26 \times 10^6}{373}$$

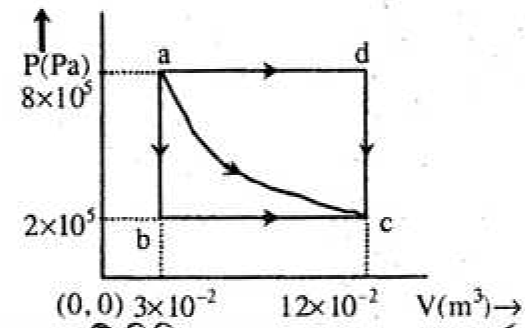
$\therefore S_3 = 1514.74\ JK^{-1}$

$\therefore$ মোট এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = S_1 + S_2 + S_3$

$= 2150.16\ JK^{-1}$

গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে বলা যায় যে, বরফ খন্ডকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে মোট এনট্রপির পরিবর্তন $2150.16 JK^{-1}$।

প্রশ্ন ▶ ২৮



ঘূর্ণন পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারের মধ্যে 10 mole আদর্শ গ্যাস নিয়ে সিস্টেমটিকে a অবস্থা হতে c অবস্থায় চিত্রের ন্যায় রূপান্তর করা হলে অন্তঃস্থশক্তির পরিবর্তন হয় 18000J। *[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]*

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কার্নো চক্রের তৃতীয় ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। ২

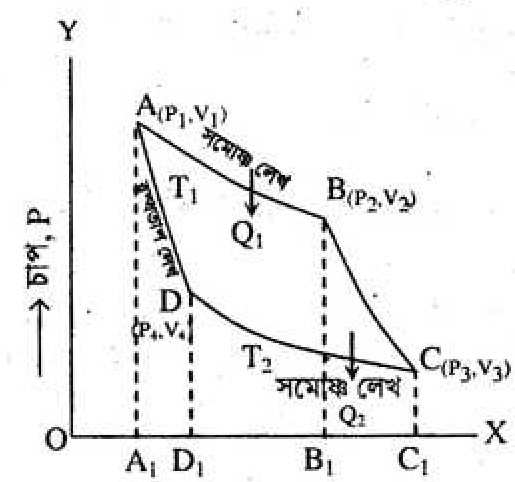
গ. adc ও abc পথে প্রয়োজনীয় তাপশক্তির অনুপাত নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ac পথে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব হবে কি? তাপগতিবিদ্যার আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে চাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ কার্নোর তৃতীয় চক্রে ইঞ্জিন Q_2 পরিমাণ তাপ বর্জন করে এবং আয়তন V_3 থেকে সকুচিত হয়ে V_4 হয়। এক্ষেত্রে ৩য় চক্রে স্থির তাপমাত্রা T_2 হলে ইঞ্জিনের এনট্রপির হ্রাস $ds = \frac{Q_2}{T_2}$ ।



কার্নোচক্র

গ আমরা জানি,

তাপশক্তি, $Q = U + P\Delta V$

adc পথে,

$Q_{adc} = 18000 + 8 \times 10^5 \times (12-3) \times 10^{-2}$

$= 8.18 \times 10^5$ J

abc পথে,

$Q_{abc} = 18000 + 2 \times 10^5\ (12 - 3) \times 10^{-2}$

$= 2.18 \times 10^5$

$\therefore$ adc ও abc পথে তাপশক্তির অনুপাত $= \frac{Q_{adc}}{Q_{abc}}$

$= \frac{8.18 \times 10^5}{2.18\ \ 10^5}$

$= 3.75$ **(Ans.)**

উদ্দীপক অনুসারে, a ও c বিন্দুর মধ্যে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন, $\Delta U = 18000\ J$ ।

a বিন্দুতে, $P_a = 8 \times 10^5\ Pa$

$V_a = 3 \times 10^{-2} m^3$

$m = 10\ mole;$

$\therefore P_aV_a = nRT_a$

বা, $T_a = \frac{P_aV_a}{nR}$

$= \frac{8 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-2}}{10 \times 8.314} K$

$= 288.67\ K$

C বিন্দুতে, $P_c = 2 \times 10^5\ Pa$

$V_c = 12 \times 10^{-2}\ m^3$

$P_cV_c = nRT_c$

বা, $T_c = \frac{P_cV_c}{nR}$

$= \frac{2 \times 10^5 \times 12 \times 10^{-2}}{10 \times 8.314} K$

$= 288.67\ K$

$\therefore T_a = T_c$, অতএব, ac পথে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য। অর্থাৎ এটি সমোষ্ণ রেখা। অতএব, উদ্দীপকে বর্ণিত অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন যুক্তিসজ্ঞাত নয়।

d বিন্দুতে, $P_d = 8 \times 10^5\ Pa$

$V_d = 12 \times 10^{-2}\ m^3$

$n = 10\ mole$

$R = 8.31\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

আমরা জানি,দ $P_dV_d = nRT_d$

বা, $T_d = \frac{P_dV_d}{nR} = \frac{8 \times 10^5 \times 12 \times 10^{-2}}{10 \times 8.31}$

$= 1155.23\ K$

b বিন্দুতে, $P_b = 2 \times 10^5\ Pa$

$V_b = 3 \times 10^{-2}\ m^3$

আমরা জানি, $P_bV_b = nRT_b$

বা, $T_b = \frac{P_bV_b}{nRT} = \frac{2 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-2}}{10 \times 8.31}$

$= 72.20\ K$

মনে করি, গ্যাসটি দ্বিপারমাণবিক

সুতরাং, $\gamma = 1.4$

সুতরাং, $C_v = \frac{5}{2}\ R = 20.775$

এবং, $C_p = \frac{7}{2}\ R = 29.085$

adc পথে তাপশক্তি = ad পথে তাপশক্তি + dc পথে তাপশক্তি

$= Q_{ad} + Q_{dc}$

$= nC_p\ (T_d - T_a) + nC_v(T_d - T_c)$

$= 4.32 \times 10^5\ J$

abc পথে তাপশক্তি $= Q_{ab} + Q_{bc}$

$= nC_v\ (T_a - T_b) + nC_p(T_c - T_b)$

$= 1.079 \times 10^5\ J$

তাপশক্তির অনুপাত, $\frac{Q_{adc}}{Q_{abc}} = \frac{4.32 \times 10^5}{1.079 \times 10^5} = 4$

ঘ যেহেতু উদ্দীপকের a ও c বিন্দুর তাপমাত্রা একই। সুতরাং এটি একটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া।

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজের সূত্রানুসারে আমরা জানি,

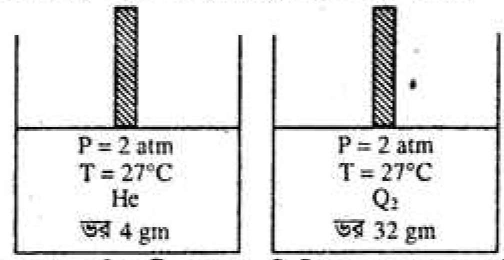
$W = nRT\ ln \frac{V_c}{V_a}$ ['গ' থেকে প্রাপ্ত তথ্য অনুসারে]

বা, $W = 10 \times 8.31 \times 288.67 \times ln \frac{12 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-2}}$

$\therefore W = 33.255\ kJ$

অতএব,. ac পথে কৃতকাজ নির্ণয় সম্ভব এবং এই কাজের মান 33.255 kJ।

প্রশ্ন ▶ ২৯ উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



A সিলিন্ডার তাপ পরিবাহী ও B সিলিন্ডার তাপ অপরিবাহী। উভয় গ্যাসের আয়তন প্রসারিত করায় চাপ 1 বায়ুমন্ডলীয় চাপ এর সমান হয়। হিলিয়াম ও অক্সিজেনের আণবিক ভর যথাক্রমে 4gm ও 32gm।

[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

ক. কোন প্রক্রিয়াকে সম এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলা হয়? ১

খ. একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন?—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত B সিলিন্ডারের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত গ্যাসদ্বয় পরিবেশের উপর কাজ সম্পন্ন করবে কিনা-গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়াকে সম-এনট্রপি প্রক্রিয়া বলে।

খ দুটি বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ

দেওয়া আছে,

আদি চাপ, $P_1 = 2\ atm$

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 27°C$

$= 300K$

শেষ চাপ, $P_2 = 1\ atm$

শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

$\gamma = 1.4$

রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$T_1P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

$= 300 \times 2^{\frac{1-1.4}{1.4}}$

$\therefore T_2 = 246.1K\ (Ans)$

ঘ এখানে,

উভয় গ্যাসের আদি চাপ, $P_0 = 2\ atm$

আদি তাপমাত্রা, $T_0 = 27°C$

$= 300K$

He এর মোল সংখ্যা, $n_A = \frac{4gm}{4gm/mol}$

$= 1\ mol$

O_2 এর মোল সংখ্যা, $n_B = \frac{32\ gm}{32gm/mol}$

$= 1\ mol$

উভয় গ্যাসের শেষ চাপ, $\rho = 1\ atm$

A সিলিন্ডারে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ঘটে তাই শেষ তাপমাত্রা $= T_0 = 300K$

B সিলিন্ডারে রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া ঘটে তাই শেষ তাপমাত্রা, $T = 246.1K$

$\therefore$ A গ্যাস কর্তৃক সম্পন্ন কাজ, $W_A = n_ART_0 ln \left(\frac{V}{V_0}\right)$

$= n_ART_0 ln \left(\frac{P_0}{P}\right)$ [$\because PV$ = ধ্রুবক]

$= 1 \times 8.314 \times 300\ ln \left(\frac{2}{1}\right)$

$= 1728.85J$

B গ্যাস কর্তৃক সম্পন্ন কাজ, $W_B = -n_B\ C_v\ (T_2 - T_1)$

$= n_BC_v\ (T_1 - T_2)$

$= n_B \frac{5}{2} R\ (T_1 - T_2)$

$= \frac{5}{2} \times 1 \times 8.314 \times (300 - 246.1)$

$= 1120.3115\ J$

অতএব, উল্লিখিত গ্যাসদ্বয় পরিবেশের উপর কার্য সম্পাদন করবে এবং A পাত্রের গ্যাস কর্তৃক সম্পন্ন কাজ বৃহত্তর হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩০ 0°C তাপমাত্রায় 200gm বরফের সাথে 80°C তাপমাত্রার 0.5kg পানি মিশানো হলো। *[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]*

ক. জগতের তাপীয় মৃত্যু কী? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখা থেকে খাড়া কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পানির বাষ্পীভবনের ক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কীভাবে মিশ্রণের এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক জগতে এনট্রপি যখন সর্বোচ্চ অবস্থায় পৌছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে।

খ সমোষ্ণ ও রূদ্ধতাপীয় রেখার মধ্যে রূদ্ধতাপীয় রেখা বেশি খাড়া। কোন একটি গ্যাসকে একটি নির্দিষ্ট অবস্থান (P, V) থেকে অন্য একটি অবস্থানে নিয়ে যেতে কৃতকাজ দুই ক্ষেত্রে এক রকম নয়। সমোষ্ণ সম্প্রসারণে গ্যাসের বাইরে থেকে শক্তি প্রয়োগ করা হয় এবং সিস্টেমের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। তাপমাত্রা হলো গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিমাণ। অর্থাৎ সমোষ্ণ প্রসারণে গ্যাসের শক্তির পরিবর্তন হয় না, কেবল আয়তন বৃদ্ধি পায়। তাই একক আয়তনে শক্তির পরিমাণ কিছুটা কমে। কিন্তু রূদ্ধতাপীয় প্রসারণে গ্যাস কোনো বহিঃস্থ শক্তি গ্রহণ করে না, বরং গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তিই পরিবেশের উপর কাজ করে। তাই গ্যাসের তাপমাত্রা তথা অভ্যন্তরীণ শক্তি কমে যায়। তাই একক আয়তনের শক্তি হ্রাস তুলনামূলকভাবে বেশি হয়। যেহেতু $dE = pdV$ বা, $\frac{dE}{dV} = P$, তাই রূদ্ধতাপীয় প্রসারণে চাপের হ্রাস দ্রুততর হয়। তাই রূদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রখার তুলনায় বেশি খাড়া।

গ

$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{ml_v}{T}$

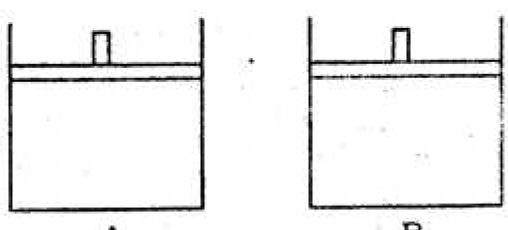
বা, $\Delta S = \frac{0.5 \times 2268000}{353}$

$\therefore \Delta S = 3040.21\ JK^{-1}$

এখানে,
পানির ভর, m = 0.5 kg
পানির বাষ্পভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_v = 2268000\ JK^{-1}$
স্ফুটনাংক T = 100°C = 373K
এনট্রপির পরিবর্তন, ΔS = ?

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $54.23\ JK^{-1}$

প্রশ্ন ▶ ৩১



A এবং B দুইটা সিলিন্ডারে 10 litre আয়তনের একই গ্যাস আছে। প্রতি সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ 3atm এবং তাপমাত্রা 300 K. *[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]*

ক. তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কত? ২

গ. যদি প্রথম A সিলিন্ডারের গ্যাসের চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করা হয় তখন এর তাপমাত্রা কত হবে? ৩

ঘ. দ্বিতীয় সিলিন্ডারে চাপ খুবই ধীরে ধীরে পরিবর্তন করে আয়তন দ্বিগুণ করলে কাজ কত হবে? ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকে। আমরা জানি, কোন গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি তার তাপমাত্রার সমানুপাতিক। তাই গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হওয়ার কারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অন্তস্থ শক্তিও পরিবর্তিত হয় না।

গ চাপ হঠাৎ দ্বিগুণ করলে এটি রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।
এখন, শুরুতে আয়তন, $V_1 = 10L$
তাপমাত্রা, $T_1 = 300K$
চাপ বৃদ্ধির পর আয়তন ও তাপমাত্রা যথাক্রমে V_2 ও T_2 হলে,
এক্ষেত্রে, $P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$

$\therefore V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$

$= 10L \times (0.5)^{\frac{1}{1.4}} = 6.1L$ **(Ans.)**

আবার, $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

বা, $T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 300K \times \left(\frac{10L}{6.1L}\right)^{1.4-1} = 3657K$ **(Ans.)**

ঘ

কৃতকাজ,

$W = nRT \ln\frac{V_2}{V_1}$

$= \frac{P_1V_1}{RT} RT \ln\frac{V_2}{V_1}$

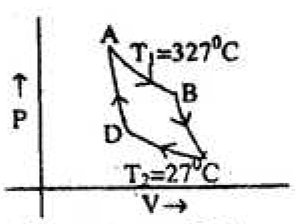
$= P_1V_1 \ln\frac{2V}{V}$

$= 3 \times 101325 \times 10 \times 10^{-3} \times \ln 2$

$= 2106.99$ J. **(Ans.)**

দেয়া আছে,
আদি আয়তন, $V_1 = V = 10$ litre
শেষ আয়তন, $V_2 = 2V$
তাপমাত্রা, T = 300 K
আদি চাপ, $P_1 = 3$ atm

প্রশ্ন ▶ ৩২



উদ্দীপকে প্রদর্শিত কার্ণোর চক্রে কার্যনির্বাহক বস্তু হিসাবে 5 মোল দ্বিপরমাণুবিক আদর্শ গ্যাস ব্যবহার করা হলো। প্রতি ধাপে প্রসারণ বা সংকোচনের অনুপাত 1:6। *[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]*

ক. এনট্রপি কী? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য কেন- ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কার্ণোর ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. AB ধাপে কৃতকাজ এবং BC ধাপে কৃতকাজ সমান হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রূদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে এবং ইহা সিস্টেমের বিশৃঙ্খলতার পরিমাপক।

খ আমরা জানি,
কোনো সিস্টেমের এনট্রপির পরিবর্তন, $dS = \frac{dQ}{T}$
লক্ষণীয়, রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, সিস্টেমের সাথে পরিপার্শ্বের কোনো তাপীয় বিনিময় হয় না।
অর্থাৎ, $dQ = 0$
সুতরাং, রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, $dS = \frac{0}{T} = 0$
অর্থাৎ, রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপি শূন্য থাকে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 50%।

ঘ AB ধাপটি হলো সমোষ্ণ প্রসারণ। এ ধাপে গ্যাস দ্বারা কৃতকাজ W_{AB} হলে,

$$W_{AB} = nRT\, ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 5\times 8.314\times 600\times ln(6) = 44.7\text{ kJ}$$

এখানে,
মোলসংখ্যা, n = 5 mole
তাপমাত্রা, T = 327 + 273 = 600K
প্রসারণের অনুপাত, $\frac{V_f}{V_i} = 6$

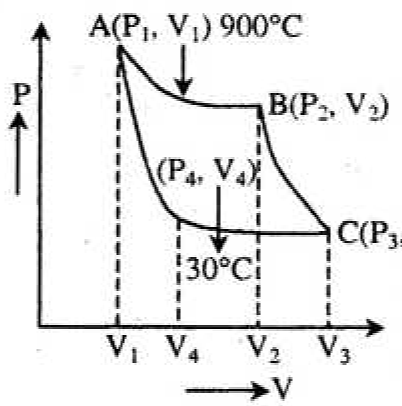
BC ধাপটি হলো রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ।
এধাপে গ্যাস দ্বারা কৃতকাজ, W_{BC} হলে,

$$W_{BC} = nC_v\Delta T$$
$$= \frac{nR}{\gamma-1}\Delta T \quad \left[\because \frac{R}{\gamma-1} = \frac{R}{\frac{C_P}{C_V}-1} = \frac{R}{\frac{C_P-C_V}{C_V}} = \frac{R}{R}\times C_v = C_V\right]$$
$$= \frac{5\times 8.314}{1.4-1}\times 300 = 31.18\text{ kJ}$$

এখানে,
$\gamma = 1.4$
মোলসংখ্যা, n = 5 mole
তাপমাত্রার পার্থক্য, $\Delta T = (327°C - 27°C) = 300$ K

অতএব, $W_{AB} \neq W_{BC}$
অতএব, AB ও BC ধাপে কৃতকাজ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৩



[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক. মোলার আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে? ১
খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝ? ২
গ. উদ্দীপকের কার্নো ইঞ্জিনের তাপীয় দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ইঞ্জিনটির তাপীয় দক্ষতা 100% হতে হলে কী কী ব্যবস্থা নিতে হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন গ্যাসের 1 mole পরিমাণের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন তাকে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

খ প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়, সাম্যাবস্থায় পৌঁছলে সিস্টেম থেকে আর কাজই পাওয়া যায় না। সিস্টেমের এই শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাই হচ্ছে এন্ট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় তাদের এন্ট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এন্ট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়, তাই বলা যায় জগতে এন্ট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। জগতে এন্ট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌঁছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তথাকথিত তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করা হয়েছে।

গ ১০ (গ) নং সজৃনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১০ (ঘ) নং সজৃনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস সিলিন্ডারে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে $100kgm^{-3}$ ঘনত্বের O_2 গ্যাস আছে। সিলিন্ডারটিতে গ্যাসের চাপ 2 বায়ুমন্ডলীয় করা হলে সিলিন্ডারটি হঠাৎ ফেটে যায়। [$\gamma = 1.40$]

[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. রুদ্ধতাপীয় লেখ সমোষ্ণ লেখ অপেক্ষা অধিক খাড়া– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গ্যাস সিলিন্ডারটি ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল? ৩
ঘ. উক্ত সিস্টেমে সিলিন্ডারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রার গ্যাসের ঘনত্বের কেমন পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না অর্থাৎ সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয় না তাকে অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ রুদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোষ্ণ রেখার মধ্যে রুদ্ধতাপীয় রেখাটি বেশি খাড়া। আমরা জানি, একটি রেখা কত খাড়া সেটি বোঝা যায় রেখাটির ঢাল তথা অনুভূমিক অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ দ্বারা। যে রেখা যত বেশি খাড়া তার ঢাল তত বেশি। PV লেখচিত্রের কোনো বিন্দুতে ঢাল পরিমাপ করা হয় ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক Y অক্ষের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার ট্যানজেন্ট অর্থাৎ $\frac{dP}{dV}$ দ্বারা।

রুদ্ধতাপীয় রেখার $\frac{dP}{dV}$ এর মান সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি তাই রুদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি খাড়া।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 365.7K

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.64 গুণ

প্রশ্ন ▶ ৩৫ পাবনার রূপপুরে স্থাপিত হচ্ছে বাংলাদেশের প্রথম পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র। উক্ত বিদ্যুৎ কেন্দ্রে পদ্মা নদী থেকে প্রতি মিনিটে 1.72×10^6kg পানি ব্যবহৃত হবে যার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে 14°C। শীত ও গ্রীষ্মকালে নদীর পানির স্বাভাবিক তাপমাত্রা যথাক্রমে 25°C ও 28°C।

[মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা]

ক. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. $C_p > C_v$ কেন ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উক্ত পানি কর্তৃক শোষিত তাপ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. কোন ঋতুতে চুল্লীটির বেশী ব্যবহার অধিকতর যৌক্তিক তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।
স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।
$\therefore C_P\,\Delta T = C_V\,\Delta T + W$; W হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ।
$\therefore C_P > C_V$

গ

এখন পানি কর্তৃক শোষিত তাপ Q হলে,	এখানে,
$Q = ms\Delta\theta$	পানির ভর, $m = 1.72 \times 10^6$kg
$= 1.72 \times 10^6 \times 4200 \times 14$	তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 14°C = 14K$
$= 1.0114 \times 10^{11}$J **(Ans.)**	পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

ঘ শীতকালে চুল্লীটির ব্যবহার দক্ষতা,

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

এখানে, তাপমাত্রার পার্থক্য ,$T_1 - T_2 = 14° = 14K$

তাপমাত্রা, $T_1 = 25°C = 273 + 25$
$= 298K$

$$\therefore \eta = \frac{14}{298} \times 100\%$$
$$= 4.7\%$$

এখইভাবে গ্রীষ্মকালের জন্য, $T_1 = 28°C = 301K$

$$\therefore \eta_2 = \frac{14}{301} \times 100\%$$
$$= 4.65\%$$

অর্থাৎ শীতকালে ব্যবহার উপযোগীতা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ ফজলে রাব্বি সকল দোষত্রুটি মুক্ত একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলেন যা কার্নো ইঞ্জিনের সাথে তুলনীয়। ইঞ্জিন তাপ উৎস হতে 440.6°F তাপমাত্রায় 200J তাপ গ্রহণ করে; 100J তাপ বর্জন করে।

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. ধারকত্ব কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২

গ. উৎসের তাপমাত্রা পরম স্কেলে বের কর। ৩

ঘ. উৎসের তাপমাত্রার কোন রূপ পরিবর্তন না করে যন্ত্রের দক্ষতা 60% করা সম্ভব কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ ধারকত্ব তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে যথা:

i. পারিবাহীর পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল
ii. চারপার্শ্বস্থ মাধমের ভেদন যোগ্যতা
iii. অন্য পারিবাহীর উপস্থিতি

গ দেওয়া আছে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, F = 440.6° F

বের করতে হবে, পরম স্কেলে উক্ত তাপমাত্রা, K = ?

আমরা জানি, $\frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$

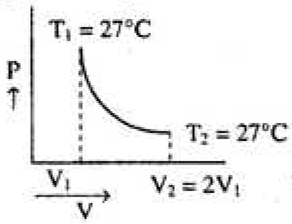
বা, $K - 273 = \frac{5}{9}(F - 32)$
$= \frac{5}{9}(440.6 - 32) = 227$

$\therefore K = 273 + 227 = 500K$ **(Ans.)**

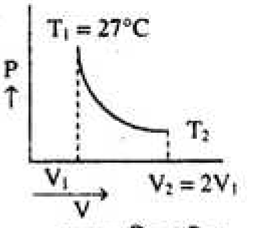
ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : উৎসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না করে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 200K করলে যন্ত্রের দক্ষতা 60% হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৭ চিত্রে 20gm অক্সিজেন গ্যাসের জন্য লেখচিত্র দেখানো হল :



চিত্র-১



রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া
চিত্র-২

[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে? ১

খ. সমবিভব তলে একটি চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ শূন্য –কেনো? ২

গ. চিত্র ২ অনুযায়ী T_2 এর মান বের কর। ৩

ঘ. কোন চিত্র অনুযায়ী কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হবে –গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ সমবিভব তলের যে কোনো দুটি বিন্দুর বিভব সমান। সুতরাং ঐ বিন্দু দুটির বিভব পার্থক্য শূন্য। বিভব পার্থক্যের সংজ্ঞানুযায়ী এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধন চার্জকে সরালে কৃতকাজ উক্ত বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্যের সমান। সুতরাং একটি সমবিভব তলের একবিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক চার্জ সরালে বিভব পার্থক্য শূন্য হওয়ায় কৃতকাজের পরিমাণ শূন্য হবে।

গ চিত্র ২-এ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

এখানে, আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 27°C = (27 + 273)K$
$= 300\ K$

আদি আয়তন V_1 ও চূড়ান্ত আয়তন, V_2 হলে, $V_2 = 2V_1$

অক্সিজেন দ্বিপরমাণুক গ্যাস বিধায়, $\gamma = 1.4$

বের করতে হবে, চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

আমরা জানি, $T_2V_2^{\gamma-1} = T_1V_1^{\gamma-1}$

$$\therefore T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$
$$= 300\ K \times \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^{1.4-1} = 227.4K$$
$$= (227.4 - 273)°C = -45.6°C\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ চিত্র-১ এ সমোষ্ণ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

এ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W = nRT\ ln\frac{V_2}{V_1}$

η = মোলসংখ্যা $= \frac{20gm}{32\ gm} = 0.625$

$$\therefore W = 0.625 \times 8.314\ J\ mole^{-1}\ K^{-1} \times 300\ K \times ln\left(\frac{2V_1}{V_1}\right)$$
$$= +\ 1080.5J$$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W' = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{1-\gamma} = \frac{nR[T_2 - T_1]}{1-\gamma}$

$$= \frac{0.625 \times 8.314\ J\ mole^{-1}K^{-1}}{1 - 1.4}[227.4\ K - 300K]$$
$$= +\ 943.1J$$

যেহেতু $1080.5\ J > 943.1J$

বা, $W > W'$

সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় অর্থাৎ উদ্দীপকের চিত্র-১ কৃতকাজের পরিমাণ বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ একটি কার্নো ইঞ্জিন 327°C এবং 27°C পরিসরে কাজ করে তাপ উৎস থেকে 6000J তাপ গ্রহণ করে কিছু তাপ কাজে রূপান্তর করে এবং অবশিষ্ট তাপগ্রাহকে বর্জন করে। *[আবুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ]*

ক. এনট্রপি কী? ১

খ. একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপের পরিমাণ বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কি না- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ দুটি বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ বিজ্ঞান বিভাগের একজন ছাত্র স্বাভাবিক উষ্ণতা ও চাপে একই ধরনের দুটি পিস্টনযুক্ত সিলিন্ডারের প্রতিটিতে 44.8 লিটার করে গ্যাস নিয়ে ১ম টিতে পিস্টন আটকিয়ে 207.75J তাপ প্রদান করায় গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি 5°C দেখতে পেলো। ২য় টিতে স্থিরচাপে গ্যাসের তাপমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধি করার জন্য তাকে 290.85J তাপ প্রদান করতে হলো। *[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]*

ক. বন্ধ সিস্টেম কাকে বলে? ১

খ. অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ২য় সিলিন্ডারে গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের গ্যাসটি কত পারমাণবিক? ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে শুধুমাত্র শক্তি বিনিময় করতে পারে কিন্তু ভর বিনিময় করতে পারে না তাকে বন্ধ সিস্টেম বলে।

খ মনে করি, কোনো অপ্রত্যাগামী ইঞ্জিন T_1 তাপমাত্রায় Q_1 তাপ গ্রহণ করে এবং T_2 তাপমাত্রায় Q_2 পরিমাণ তাপ বর্জন করে।

$\therefore$ এক্ষেত্রে কর্মদক্ষতা, $\eta' = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

কিন্তু তাপমাত্রায় একই সীমার মধ্যে কোনো প্রত্যাগামী চক্রের কর্মদক্ষতা,

$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

এখন, কার্নোর উপপাদ্য অনুসারে কার্নোর প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা যে কোনো অপ্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতার চেয়ে বেশি।

অর্থাৎ, $\eta > \eta'$

$\therefore \quad \frac{T_1 - T_2}{T_1} > \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

বা, $1 - \frac{T_2}{T_1} > 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

বা, $-\frac{T_2}{T_1} > -\frac{Q_2}{Q_1}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} < \frac{Q_2}{Q_1}$

বা, $\frac{Q_2}{T_2} > \frac{Q_1}{T_1}$

বা, $\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1} > 0$

অতএব, তাপ উৎসটি $\frac{Q_1}{T_1}$ পরিমাণ এনট্রপি হারায় এবং তাপ গ্রাহক $\frac{Q_2}{T_2}$ পরিমাণ এনট্রপি লাভ করে। সমগ্র প্রক্রিয়াতে এনট্রপির মোট লাভ $\left(\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}\right)$ যা ধনাত্মক।

অতএব, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে, দ্বিতীয় সিলিন্ডারের চাপ, $P = 1.01 \times 10^5 Nm^{-2}$

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 273K$

শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 273K + 5K = 278K$

আদি আয়তন, $V_1 = 44.8L = 44.8 \times 10^{-3} m^3$

সম্পাদিত কাজ, $W = ?$

দ্বিতীয় সিলিন্ডারের শেষ আয়তন V_2 হলে,

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

বা, $V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1$

$\therefore V_2 = \frac{278K}{273K} \times 44.8 \times 10^{-3} m^3$

$= 45.621 \times 10^{-3} m^3$

$\therefore$ সম্পাদিত কাজ,

$W = P\Delta V$

$= P(V_2 - V_1)$

$= 1.01 \times 10^5 \times (45.621 \times 10^{-3} - 44.8 \times 10^{-3})$

$= 82.872J$ (Ans)

ঘ এখানে, প্রথম সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, তাপ, $\Delta Q_1 = 207.75J$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta_1 = 5°C = 5K$

দ্বিতীয় সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, তাপ, $\Delta Q_2 = 290.85J$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta_2 = 5K$

ধরি, সিলিন্ডার দুটিতে m মোল পরিমাণ গ্যাস আছে।

প্রথম সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, $\Delta Q_1 = nC_v \Delta\theta_1$..............(i)

দ্বিতীয় সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে, $\Delta Q_2 = nC_p \Delta\theta_2$..............(ii)

(ii) কে (i) নং দ্বারা ভাগ করে পাই,

$\frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$

বা, $\frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \gamma \cdot \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$

বা, $\gamma = \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} \cdot \frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_2}$

$= \frac{290.85}{207.75} \times \frac{5}{5}$

$\therefore \gamma = 1.4$

$\therefore$ গ্যাসটি দ্বি-পারমাণবিক।

প্রশ্ন ▶ ৪০ 500 gm ভরের বরফ 50°C তাপমাত্রার 10 kg পানিতে ছেড়ে দেওয়া হলো। এতে মিশ্রণের সর্বশেষ তাপমাত্রা পাওয়া গেল 43°C। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ]*

ক. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পানির এনট্রপি কতটুকু হ্রাস পায় নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটিতে এনট্রপি বৃদ্ধি পায় না কি হ্রাস পায়? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ধ্রুব থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে।

খ আমরা জানি,

এনট্রপির পরিবর্তন, $dS = \frac{dQ}{T}$

লক্ষণীয়, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, সিস্টেমের সাথে পরিপার্শ্বের কোনো তাপীয় বিনিময় হয় না।

অর্থাৎ, $dQ = 0$

সুতরাং, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, $dS = \frac{0}{T} = 0$

অর্থাৎ, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপি স্থির থাকে।

গ

পানির এনট্রপির পরিবর্তন	এখানে,
$\Delta S_w = m_w S_w \ln\left(\frac{T_m}{T_w}\right)$	পানির ভর, $m_w = 10kg$
$= 10 \times 4200 \times \ln\left(\frac{316}{323}\right)$	আদি তাপমাত্রা, $\theta_w = 50°C$
$= -920.22\ JK^{-1}$	মিশ্রণের তাপমাত্রা, $\theta_m = 43°C$
	$\therefore T_w = (50 + 273)\ K = 323\ K$
	$T_m = (43 + 273)\ K = 316\ K$
	পানির আপেক্ষিক তাপ, $S_w = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

ঘ এখানে,

বরফের ভর, $m_i = 500\ gm = 0.5\ kg$

বরফের আপেক্ষিক তাপ, $S_i = 2100\ Jkg^{-1}K^{-1}$

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_f = 3.36 \times 10^5\ Jkg^{-1}$

বরফের আদি তাপমাত্রা $= \theta_i$

পানির ভর, $m_w = 10kg$

পানির আদি তাপমাত্রা, $\theta_w = 50°\ C; T_w = 323K$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S_w = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

মিশ্রণের তাপমাত্রা, $\theta_m = 43°C : T_m = 316\ K$

ত্রৈধবিন্দু, $T_0 = 273\ K$

ক্যালরিমিতির মূলনীতি অনুসারে,

$$m_iS_i(0 - \theta_i) + m_iL_f + m_i S_w(\theta_m - 0) = m_wS_w(\theta_w - \theta_m)$$

বা, $m_iS_i\theta_i = m_i\{L_f + S_w\theta_m\} - m_wS_w(\theta_w - \theta_m)$

বা, $\theta_i = \frac{i}{S_i}\{L_f + S_w\theta_m\} - \frac{m_w}{m_i}\frac{S_w}{S_i}(\theta_w - \theta_m)$

বা, $\theta_i = \frac{1}{2100}(3.36 \times 10^5 + 4200 \times 43) - \frac{10}{0.5} \times \frac{4200}{2100}(50 - 43)$

$\therefore \theta_i = -34°C$

$\therefore T_i = (\theta_i + 273)\ k = 239\ k$

$\therefore$ বরফের এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_i = m_iS_i \ln\left(\frac{T_0}{T_i}\right) + \frac{m_iL_f}{T_0} + m_iS_w \ln\left(\frac{T_m}{T_0}\right)$$

বা, $\Delta S_i = 0.5 \times 2100 \times \ln\left(\frac{273}{239}\right) + \frac{0.5 \times 3.36 \times 10^5}{273} + 0.5 \times 4200 \times \ln\left(\frac{316}{273}\right)$

$\therefore \Delta S_i = 1062.211\ JK^{-1}$

'গ' থেকে পাই, $\Delta S_w = -920.22\ JK^{-1}$

$\therefore$ সিস্টেমের এনট্রপির মোট পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_i + \Delta S_w$

$= (1062.211 - 920.22)\ JK^{-1}$

$= 141.98\ JK^{-1}$

$= 142\ JK^{-1}$

অতএব, সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটিতে এনট্রপির বৃদ্ধি ঘটেছে।

প্রশ্ন ▶৪১ 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস চেম্বারে 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 100 kgm^{-3} ঘনত্বের CO_2 গ্যাস আছে। চেম্বারটিতে গ্যাসের চাপ দ্বিগুণ করা হলে চেম্বারটি হঠাৎ ফেটে যায়। $\gamma = 1.33$

[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ 20.8 $Jmol^{-1}K^{-1}$ বলতে কী বুঝায়? ২

গ. ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল? ৩

ঘ. চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্ব বৃদ্ধি পাবে না হ্রাস পাবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

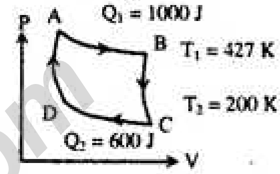
ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি ও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে। একে তাপগতি বিদ্যার শূন্যতম সূত্র বলা হয়।

খ গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ 20.8 $Jmol^{-1}K^{-1}$ বলতে বুঝায়, চাপ অথবা আয়তন স্থির রেখে উক্ত গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে 20.8J তাপের প্রয়োজন।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৪২ একটি কার্নো চক্র নিম্নরূপ:



[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. এনট্রপি কী? ১

খ. দেখাও যে, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপশক্তির সমান। ২

গ. উদ্দীপক থেকে একটি পূর্ণ চক্রে কৃতকাজ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে এনট্রপির কী পরিবর্তন সাধিত হবে? ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেমের যে তাপগতীয় ধর্ম বা চলরাশি ধ্রুব থাকে তাকে এনট্রপি বলে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ $\Delta U = 0$। সুতরাং, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে-

$$\Delta Q = \Delta W$$

সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেম দ্বারা সম্পাদিত কাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপ শক্তির সমান।

গ দেওয়া আছে,

শোষিত তাপশক্তি, $Q_1 = 1000\ J$

বর্জিত তাপশক্তি, $Q_2 = 600\ J$

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 427\ K$

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 200\ K$

কৃতকাজ, $W = ?$

দক্ষতা, $\eta = ?$

আমরা জানি, $W = Q_1 - Q_2 = (1000 - 600)J = 400\ J$

আবার, $\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100$

$= \left(1 - \frac{600}{1000}\right) \times 100$

$= 40\%$

$\therefore$ কৃতকাজ = 400J এবং দক্ষতা = 40% **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 427$ K

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 200$ K

শোষিত তাপশক্তি, $Q_1 = 1000$ J

বর্জিত তাপশক্তি, $Q_2 = 600$ J

এখানে, ১ম ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1}$

$$= \frac{1000}{427} \text{ JK}^{-1}$$

$$= 2.34 \text{ JK}^{-1}$$

২য় ও ৪র্থ ধাপ রুদ্ধতাপীয় হওয়ায়, এ দুই ধাপে এনট্রপির কোন পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ $\Delta S_2 = \Delta S_4 = 0$

৩য় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_3 = -\frac{Q_2}{T_2} = -\frac{600\text{J}}{200\text{K}} = -3 \text{ JK}^{-1}$

দেখা যায়, সম্মুখমুখী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায় বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি তার থেকে বেশি হ্রাস পায়। উদ্দীপকের চক্রে নিট পরিবর্তন—

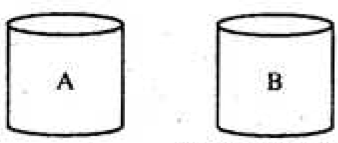
$$\therefore \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$$

$$= (+2.34 + 0 - 3 + 0) \text{ JK}^{-1}$$

$$= -0.66 \text{ JK}^{-1} \neq 0$$

সুতরাং চিত্রে প্রদর্শিত কার্নো চক্রে এনট্রপির পরিবর্তন সাধিত হবে। কিন্তু আদর্শ কার্নো চক্রে এনট্রপির নিট পরিবর্তন ঘটে না অতএব উদ্দীপকের ইঞ্জিনটি আদর্শ নয়। আবার, উদ্দীপকে বর্ণিত কার্ণোর চক্রে এন্ট্রপি হ্রাস পায় যা তাপগতি বিদ্যার দ্বিতীয় সূত্র তথা পদার্থবিজ্ঞানের সাধারণ নিয়মের পরিপন্থী। অতএব, বলা যায় যে, এই চক্রটি নিছক কল্পনাপ্রসূত অবাস্তব প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ A ও B পাত্রে যথাক্রমে 100°C ও 0°C তাপমাত্রার 1 kg করে পানি আছে।



[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]

ক. অন্তঃস্থ শক্তি কী? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া দ্রুত প্রক্রিয়া কেনো— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A ও B কে ব্যবহার করে ইঞ্জিন তৈরি করা হলে সর্বাধিক দক্ষতা কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B পাত্রের পানি একত্রে মিশ্রিত করলে এন্ট্রপির কীরূপ পরিবর্তন হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সিস্টেমের বিভব শক্তি ও গতি শক্তি ব্যতীত শক্তির আরো একটি অংশ আছে যার বিনিময়ে সিস্টেম বাহ্যিক শক্তি সরবরাহ ছাড়া কাজ করতে পারে, তাকে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বলে।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকোচন বা প্রসারণে গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদান হয় না। পাত্রের দেয়াল যতই কুপরিবাহী হোক না কেন কিছু তাপের আদান প্রদান হবেই। তাই রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া দ্রুত ঘটানো হয় যাতে পরিবেশের সাথে তাপ আদান প্রদানের কোনো সুযোগ না পায়। সুতরাং রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি দ্রুত প্রক্রিয়া।

গ A ও B কে ব্যবহার করে ইঞ্জিন তৈরি করা হলে

উৎসের তাপমাত্রা T_A = A পাত্রের তাপমাত্রা = 100°C = (100 + 273)K = 373K

গ্রাহকের তাপমাত্রা T_B = B পাত্রের তাপমাত্রা = 0°C = (1 + 273)K = 273K

ইঞ্জিনের সর্বাধিক দক্ষতা η = ?

আমরা জানি,

$$\eta = \left(\frac{T_A - T_B}{T_A}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{T_B}{T_A}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{273}{373}\right) \times 100\%$$

$$= \frac{100}{373} \times 100\%$$

$$= 26.81\% \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

পানির ভর, m = 1kg

A পাত্রের তাপমাত্রা, T_A = 100°C = 373 K

B " " T_B = 0°C = 273 K

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

A ও B পাত্রের পানি মিশ্রিত করলে মিশ্রিত চূড়ান্ত তাপমাত্রা = θ°C

A এর ক্ষেত্রে,

100°C তাপমাত্রার পানিকে θ°C তাপমাত্রায় আনতে নির্গত তাপ

$$Q_1 = mS\Delta\theta$$

$$= 1 \times 4200 (100 - \theta)$$

$$= 4200 (100 - \theta)$$

আবার B এর ক্ষেত্রে,

0°C তাপমাত্রার পানিকে θ°C তাপমাত্রার পানিতে আনতে গৃহীত তাপ

$$Q_2 = mS\Delta\theta$$

$$= 1 \times 4200 \times (\theta - 0)$$

$$= 4200\,\theta$$

ক্যালরিমিতির সূত্র মতে,

গৃহীত তাপ = নির্গত তাপ

বা, $4200\,\theta = 4200 (100 - \theta)$

বা, $4200\,\theta = 4200 \times 100 - 4200 \times \theta$

বা, $4200\,\theta + 4200\,\theta = 4200 \times 100$

বা, $8400\,\theta = 4200 \times 100$

বা, $\theta = \frac{4200 \times 100}{8400} = 50°C$

অতএব, মিশ্রণের তাপমাত্রা 50°C বা, 323 K

এখন,

T_1 তাপমাত্রার পানিকে T_2 তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এনট্রপির পরিবর্তন যদি dS হয় তবে,

$$dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mSdT}{T}$$

$$= mS \int_{T_1}^{T_2} dT = mS\,(lnT_2 - lnT_1)$$

তাহলে 100°C তাপমাত্রার পানিকে 50° তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এনট্রপির পরিবর্তন,

$dS_1 = 1 \times 4200 (\ln 323 - \ln 373)$

$= -604.49 \text{ JK}^{-1}$; এক্ষেত্রে এনট্রপির হ্রাস হয়।

আবার, 0° তাপমাত্রার পানিকে 50° তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$dS_2 = 1 \times 4200 (\ln 323 - \ln 273)$

$= 706.36 \text{ JK}^{-1}$; এক্ষেত্রে এনট্রপি বৃদ্ধি পায়

সুতরাং এনট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2$

$$= -604.49 + 706.36$$

$$= 101.87 \text{ JK}^{-1}$$

অর্থাৎ A ও B পাত্রের পানি একত্রে মিশ্রিত করলে এনট্রপির পরিবর্তন ধনাত্মক হবে এবং তা 101.87 JK^{-1} বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ▶৪৪ একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 420 K। এই তাপমাত্রায় ইঞ্জিনটি উৎস হতে 860 J তাপ শোষণ করে এবং গ্রাহকে 430J তাপ বর্জন করে। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]*

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী? ১

খ. ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটারে 0°F থেকে দাগ কাটা থাকে না কেন– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা 20% বৃদ্ধি করতে হলে উৎসের তাপমাত্রায় কী পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে। একে তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র বলা হয়।

খ পানির হিমাঙ্ক 32°F। মানবদেহের 70% পানি বলে 32°F বা তার নিচে মানবদেহ জমে বরফ হয়ে যাবে, ফলে স্বাভাবিক মানুষের তাপমাত্রা 0°F এ যাওয়া সম্ভব নয়। উপরন্তু মানব দেহের তাপমাত্রা 95°F অপেক্ষা কম হয় না। এ জন্য ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার 0°F থেকে শুরু না করে 95°F থেকে শুরু করা হয়।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 50%

ঘ ৯ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 280K বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▶৪৫ একটি কার্নো ইঞ্জিনে কার্যনির্বাহী বস্তু হিসাবে 3 mole নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। 30°C তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রসারণের মাধ্যমে এর আয়তন দ্বিগুণ করা হয়। এরপর রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে বস্তুটির আয়তন দ্বিগুণ করা হয়। নাইট্রোজেনের $\gamma = 1.41$। *[মোহাম্মদপুর প্রিপারেটরি স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]*

ক. এনট্রপি কী? ১

খ. টায়ার ফাটালে ঠান্ডা বাতাস বের হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত সমোষ্ণ প্রসারণে কৃত কাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত ইঞ্জিনের দক্ষতা 30% এর চেয়ে বেশি হওয়া সম্ভব কি-না– গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ টায়ার ফাটলে এর অভ্যন্তরীণ গ্যাসের খুব দ্রুত সম্প্রসারণ ঘটে। এ কারণে উক্ত গ্যাস পরিবেশের সাথে তাপের লেনদেন করতে না পারায় এ প্রক্রিয়াটি রুদ্ধতাপীয়। এরূপ প্রক্রিয়ার জন্য $\Delta Q = 0$, ফলে $\Delta W + \Delta U = 0$ বা, $\Delta U = -\Delta W$; গ্যাসটি সম্প্রসারিত হওয়ায় এটি বাহ্যিক পরিবেশের ওপর কাজ সম্পাদন করবে, তাই ΔW ধনাত্মক। ফলে $\Delta U = -\Delta W$ সমীকরণ অনুসারে ΔU ঋণাত্মক হতে বাধ্য। ΔU বা সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ঋণাত্মক হওয়া মানে, গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস পাওয়া। এ কারণে টায়ার ফাটলে ঠান্ডা বাতাস বের হয়।

গ দেওয়া আছে, তাপমাত্রা, $T = 30°C = (273 + 30)\ K = 303\ K$
প্রথমিক আয়তন, $V_1 = V$
চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 2V$
মোল সংখ্যা, $n = 3$ mole
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$
কৃতকাজ, $W = ?$

আমরা জানি,
সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ,

$$W = nRT\ ln\frac{V_2}{V_1}$$
$$= 3\ mole \times 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1} \times 303\ K \times ln\left(\frac{2V}{V}\right)$$
$$= 5238.4085\ J\ \textbf{(Ans)}$$

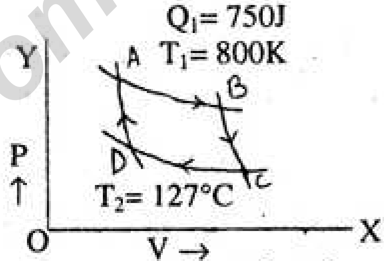
ঘ রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে, আমরা জানি,
$$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$$
এখানে, প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C = (30 + 273)K = 303\ K$
প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = V$
চূড়ান্ত আয়তন $V_2 = 2V$
এবং $\gamma = 1.41$

$$\therefore\ T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$
$$= 303\ K \times \left(\frac{V}{2V}\right)^{1.41-1}$$
$$= 303\ K \times \left(\frac{1}{2}\right)^{0.41}$$
$$= 228.0449\ K$$

আমরা জানি, কর্মদক্ষতা $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$
$$= \frac{303 - 228.0449}{303} \times 100\%$$
$$= 24.74\%$$

উদ্দীপকে বর্ণিত ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 24.74%।
সুতরাং, ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা 30% এর বেশি হওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶৪৬ একটি কার্নো ইঞ্জিনকে নিম্নের চিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা হলো।



[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, কুমিল্লা]

ক. পানির ত্রৈধবিন্দু কাকে বলে? ১

খ. $C_p > C_v$ কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. AB অংশে এনট্রপির পরিবর্তন কত? ৩

ঘ. ইঞ্জিনটি দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

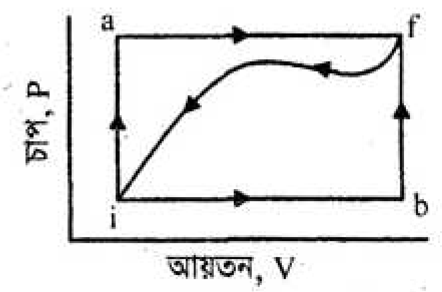
ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট চাপে বিশুদ্ধ বরফ, বিশুদ্ধ পানি এবং সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প তাপীয় সাম্যাবস্থায় সহাবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধবিন্দু বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।
স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।
$\therefore C_P\ \Delta T = C_V\ \Delta T + W$; W হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ।
$\therefore C_P > C_V$

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $937.5 \times 10^{-3} JK^{-1}$

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ হলে $\eta = 100\%$ হবে। কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶৪৭



[নওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]

উপরিউক্ত চিত্রে কোন একটি সিস্টেমকে i অবস্থান হতে iaf পথে f অবস্থানে নিয়া যাওয়া হল। এতে $\Delta Q = 50$ Cal এবং $\Delta W = 20$ Cal হল। আবার ibf পথে i হতে f অবস্থানে নেবার জন্য $\Delta Q = 36$ Cal পাওয়া গেল। সিস্টেমটিকে fi পথে ফিরিয়ে আনার জন্য $\Delta W = -13$ Cal পাওয়া গেল। i বিন্দুতে সিস্টেমের অন্তস্থ: শক্তি $U_{int.i} = 10$ Cal পাওয়া গেল।

ক. সিস্টেম কাকে বলে? ১

খ. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি শক্তির নিত্যতা সূত্রকে সমর্থন করে কী? ২

গ. ibf পথে যাবার জন্য ΔW এর মান কত হবে? ৩

ঘ. iaf, ibf ও fi পথের জন্য শক্তির সংরক্ষণশীল নীতি বজায় থাকে কি-না সে সম্পর্কে তোমার মতামত ব্যক্ত কর। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরীক্ষা-নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে নির্দিষ্ট অংশ বিবেচনা করি তাকে সিস্টেম বলে।

খ তাপ ও কাজের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনের উদ্দেশ্যে জুলের বিবৃতি অনুযায়ী তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হচ্ছে, যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তর করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক। কোন সিস্টেমের উপর Q পরিমাণ তাপ সরবরাহ করায় যদি W পরিমাণ কাজ হয় তবে, $W = JQ$

কিন্তু কোনো সিস্টেমে তাপ সরবরাহ করা হলে এর সবটাই কাজে রূপান্তরিত হয় না, এর কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যয় হয়। এ সম্পর্কে ক্লসিয়াসের বিবৃতি অনুযায়ী, $Q = \Delta U + W$; এখানে $\Delta U =$ অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন।

অর্থাৎ সিস্টেমের উপর সরবরাহকৃত কাজের একটি অংশ কাজে রূপান্তরিত হয় এবং আর একটি অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তনে ব্যয় হয়, কোনো তাপ ধ্বংস হয় না।

অতএব, বলা যায় যে, তাপ গতিবিদ্যার প্রথম সূত্র মূলত শক্তির নিত্যতা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ।

গ i ও f বিন্দুর অন্তঃস্থ শক্তির পার্থক্য dU হলে,

$dQ_1 = dU + dW_1$	দেওয়া আছে,
বা, $dU = dQ_1 - dW_1$	iaf পথে,
$= 50 - 20$	$dW_1 = 20$ cal
$= 30$ Cal	$dQ_1 = 50$ cal
আবার, ibf পথে,	ibf পথে,
$dQ = dU + dW$	$dQ = 36$ cal
$\therefore 36 = 30 + dW$	
$\therefore dW = 6$ Cal **(Ans.)**	

ঘ এখানে, iaf পথে $\Delta W_{iaf} = 50$ cal

iaf পথে $\Delta W_{iaf} = 20$ Cal

$\Delta U_{if} = 30$ Cal

$\Delta U_{iaf} = \Delta W_{iaf} + \Delta U_{if}$

$= (20 + 30)$ Cal

$= 50$ Cal

ibf পথে $\Delta Q_{ibf} = 36$ Cal

ibf পথে $\Delta W_{ibf} = \Delta Q_{ibf} - U_{if}$

$= (36 - 30)$ cal

$= 6$ Cal

if পথে কৃতকাজ, $\Delta W_{if} = 13$ Cal

$\therefore$ ibfi পথে মোট কাজ, $\Delta W_{ibfi} = \Delta W_{ibf} + \Delta W_{fi}$

$= (6 - 13)$ Cal

$= -7$ Cal

অর্থাৎ সকল ক্ষেত্রেই শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি বজায় থাকে।

প্রশ্ন ▶৪৮ $2m^3$ আয়তন বিশিষ্ট পিস্টনযুক্ত একটি সিলিন্ডারে কিছু গ্যাস আবদ্ধ আছে। গ্যাসের চাপ 500 প্যাস্কেলে স্থির রেখে সিস্টেমে 200J তাপশক্তি খুব ধীরে ধীরে সরবরাহ করে পিস্টনটিকে বাইরের দিকে সরিয়ে বাহ্যিক বলের সাহায্যে সাম্যাবস্থানে রাখা হলো। বাহ্যিক বল সরিয়ে নেয়া হলে সিলিন্ডারের গ্যাস $2.5m^3$ আয়তন দখল করে।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী? ১

খ. জগতের তথাকথিত 'তাপীয় মৃত্যু' ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গ্যাসের অন্ত:স্থ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের স্থিরচাপে গ্যাস দ্বারা কৃতকাজের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি ও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে। একে তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র বলা হয়।

খ প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়, সাম্যাবস্থায় পৌছলে সিস্টেম থেকে আর কাজই পাওয়া যায় না। সিস্টেমের এই শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাই হচ্ছে এন্ট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থায় দিকে এগিয়ে যায় তাদের এন্ট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এন্ট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে যায়, তাই বলা যায় জগতে এন্ট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। জগতে এন্ট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তথাকথিত "তাপীয় মৃত্যু" নামে অভিহিত করা হয়েছে।

গ

$dQ = dU + dW$	দেওয়া আছে,
$\Rightarrow dQ = dU + pdV$	চাপ, $P = 500$ Pa
$\Rightarrow dU = dQ - pdV$	তাপশক্তি, $dQ = 200J$
$= 200 - 500 \times 0.5$	আদি আয়তন, $V_1 = 2m^3$
$= -50J$	শেষ আয়তন, $V_2 = 2.5m^3$
	$\therefore$ আয়তনের পার্থক্য, $dV = V_2 - V_1 = 0.5\ m^3$

$\therefore$ অন্তঃস্থ শক্তি 50J কমে যাবে। **(Ans.)**

ঘ

কৃতকাজ, $dW = PdV$	দেওয়া আছে,
$= 500 \times 0.5$	চাপ, $P = 500$ Pa
$= +250$ J	(গ) হতে, আয়তনের পরিবর্তন, $dV = +0.5\ m^3$

যেহেতু কৃতকাজ ধনাত্মক, তাই গ্যাস পরিবেশের উপর কাজ করে এবং এর মান 250J. **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶৪৯ একটি ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে 700K তাপমাত্রায় 1200J তাপ গ্রহণ করে 90K তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে 400J তাপ বর্জন করে। তাপ উৎস ও গ্রাহকের তাপমাত্রা বাড়ানো কমানোর ব্যবস্থা আছে।

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. আলোক বর্ষ বলতে কী বোঝ? ১

খ. $C_p > C_v$ কেন? ২

গ. এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাগামী করতে তুমি কি পদক্ষেপ গ্রহণ করবে? ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলো এক বছরে যে পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে সেই দূরত্বকে আলোক বর্ষ বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়।

অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + x$; x হলো স্থির চাপ, P তে dV আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ, $X = PdV$

$\therefore C_P > C_V$

গ তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 700$ K

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 90$ K

তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1200$ J

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 400$ J

সিস্টেমের এন্ট্রপির পরিবর্তন, $dS = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}$

$= \frac{400}{90} - \frac{1200}{700}$

$= 2.73$ J/K **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, একটি ইঞ্জিন প্রত্যাগামী হওয়ার শর্ত হলো–

$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$

$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$

$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$

$= \frac{1200}{400}$

$= 3$

$\therefore T_1 = 3T_2$

অর্থাৎ, তাপ উৎসের তাপমাত্রা তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রার 3 গুণ হলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

সুতরাং, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 90 K এ স্থির রেখে উৎসের তাপমাত্রা $90 \times 3 = 270$ K করলে অথবা উৎসের তাপমাত্রা 700 K এ স্থির রেখে গ্রাহকের তাপমাত্রা $\frac{700}{3} = 233.3$ K করলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

প্রশ্ন ▶৫০ একদল বিজ্ঞানী একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরি করলেন; যা কর্নোটি ইঞ্জিনের সাথে তুলনীয়। ইঞ্জিনটি 2000°C তাপমাত্রায় তাপ উৎস থেকে 600J তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ গ্রাহকে 150J তাপ বর্জন করে। *[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]*

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কী? ১

খ. তাপ গতিবিদ্যার কোন সূত্রকে কাজে লাগিয়ে রেফ্রিজারেটর তৈরি করা হয়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি না তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস কোন প্রক্রিয়াটি অধিক পরিবেশ বান্ধব? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রকে কাজে লাগিয়ে রেফ্রিজারেটর তৈরি করা হয়।

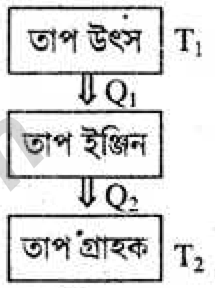
তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রকে ক্লসিয়াসের বিবৃতি হলো-বাইরে থেকে কাজ না করলে কোনো যন্ত্রের পক্ষেই শীতল বস্তু হতে উষ্ণ বস্তুতে তাপ চালনা সম্ভব নয়।

রেফ্রিজারেটরে তাই বাইরে থেকে কাজ করে রেফ্রিজারেটরের শীতল বস্তু হতে তাপ উষ্ণতর পরিবেশে বের করে দিয়ে রেফ্রিজারেটরের অভ্যন্তর শীতল রাখা হয়।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 500 K

ঘ



তাপ ইঞ্জিন T_1 তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে Q_1 তাপ গ্রহণ করে এবং চক্র শেষে T_2 তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে Q_2 তাপ বর্জন করে।

ফলে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1}$

তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$= \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

ফলে ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য হয় T_1 এর মান বৃদ্ধি করতে হবে অথবা T_2 কে হ্রাস করতে হবে।

ΔS এর সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে, T_2 এর মান হ্রাস করলে ΔS এর মান আগের তুলনায় বাড়বে কিন্তু T_1 কে বৃদ্ধি করলে ΔS এর মান আগের তুলনায় কম বাড়বে।

ফলে, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করলে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধির চাইতে এন্ট্রপি বেশি বৃদ্ধি পায়, তাই, বলা যায় ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি কল্পে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করাটা অধিক পরিবেশ বান্ধব।

প্রশ্ন ▶৫১ ল্যাবরেটরিতে কাজ করছিল একাদশ শ্রেণির ছাত্র তুষার। সে 0°C তাপমাত্রার 800gm বরফকে তাপ দিয়ে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করল। *[এম.সি. একাডেমী (মডেল স্কুল ও কলেজ), গোলাপগঞ্জ, সিলেট]*

ক. তাপের যান্ত্রিক সমতা কাকে বলে? ১

খ. প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর। ২

গ. সম্পূর্ণ বরফকে বাষ্পে পরিণত করতে কত তাপের প্রয়োজন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বরফকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করার ক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে পরিমাণ যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়ে একক মানের তাপ উৎপন্ন হয় তাকে তাপের যান্ত্রিক সমতা বলে।

ঘ প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য :

	প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া		অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া
i.	এ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীতমুখী হয়।	i.	এ প্রক্রিয়ায় পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না।
ii.	এ প্রক্রিয়ায় কার্যনির্বাহী বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসতে পারে।	ii.	এ প্রক্রিয়ায় কার্যনির্বাহী বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসতে পারে না।
iii.	এ প্রক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত নয়।	iii.	এ প্রক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত।
iv.	এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপগতীয় সাম্যাবস্থা বজায় থাকে।	iv.	এ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপগতীয় সাম্যাবস্থা বজায় থাকে না।

গ দেওয়া আছে,

বরফের ভর, $m = 800$ gm $= 0.8$ kg

আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 0°C$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 100°C$

জানা আছে, বরফ গলনের আপেক্ষিক তাপ, $L_f = 336000\ Jkg^{-1}$

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

এবং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_v = 2268000\ Jkg^{-1}$

বের করতে হবে, মোট তাপের পরিমাণ, $Q = ?$

$m = 0.8$ kg বরফকে 0°C তাপমাত্রায় গলাতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_1 = mL_f = 0.8\ kg \times 336000\ Jkg^{-1} = 268800\ J$

0.8 kg ভরের বরফ গলা পানির তাপমাত্রা 0°C হতে বাড়িয়ে 100°C-এ আনতে প্রয়োজনীয় তাপ, $Q_2 = mS\Delta\theta = 0.8\ kg \times 4200\ Jkg^{-1}K^{-1} \times 100K = 336000\ J$

100°C তাপমাত্রায় 0.8kg ভরের পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ, $Q_3 = mL_v = 0.8\ kg \times 2268000\ Jkg^{-1} = 1814400J$

$\therefore$ নির্ণেয় মোট প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$= 268800\ J + 336000\ J + 1814400\ J$

$= 2419200\ J$ **(Ans.)**

ঘ $T_1 = 0°C$ বা, 273 K তাপমাত্রায় 800 gm বা 0.8 kg বরফকে গলাতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি, $\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{268800\ J}{273\ K}$

$= 984.6\ JK^{-1}$

0°C বা, 273 K তাপমাত্রার বরফ গলা পানিকে 100°C বা, 373 K তাপমাত্রায় উপনীত করতে এন্ট্রপির বৃদ্ধি, $\Delta S_2 = mS\ln\frac{T_2}{T_1} = 0.8kg \times 4200\ Jkg^{-1}K^{-1} \times \ln\left(\frac{373\ K}{273\ K}\right)$

$= 1048.7\ JK^{-1}$

এক্ষেত্রে এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন (বা বৃদ্ধি), $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

$= 984.6\ JK^{-1} + 1048.7\ JK^{-1}$

$= 2033.3\ JK^{-1} \neq 0JK^{-1}$

সুতরাং, উদ্দীপকের বরফকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করার ক্ষেত্রে এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫২ 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে $100kgm^{-3}$ ঘনত্বের CO_2 গ্যাস আছে। চেম্বারটিতে গ্যাসের চাপ 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ করা হলে চেম্বারটি হঠাৎ ফেটে যায়। ($\gamma = 1.33$)

[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]

ক. ধ্রুবচাপ প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চেম্বারটি ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল? ৩

ঘ. দেখাও যে, ফেটে যাওয়ার মুহূর্তে চেম্বারটির গ্যাসের ঘনত্ব বৃদ্ধি পাবে। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ার চাপ ধ্রুব রাখা হয় তাকে ধ্রুবচাপ প্রক্রিয়া বলে।

খ দুটি বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা ভিন্ন হওয়ার কারণে একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সরবরাহ করা হলেও তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ 27°C তাপমাত্রায় 20gm ভরের একটি দ্বিপরমাণুক গ্যাসকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকোচন করে তাপমাত্রা 25°C এ উন্নীত করা হলো। প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের চাপ ছিল $1 \times 10^5\ Nm^{-2}$ এবং আণবিক ভর 44gm.

[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

ক. রেফ্রিজারেটরের কার্যকৃত সহগ কাকে বলে? ১

খ. সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন অপ্রত্যাগামী, ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ বের কর। ৩

ঘ. উক্ত পরিবর্তনে গ্যাসটির আয়তনের পরিবর্তন কেমন হবে? ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ এবং রেফ্রিজারেটরের বাইরের এজেন্ট কর্তৃক কৃতকাজের অনুপাতকে কার্যকৃত সহগ বলে।

খ প্রকৃতিতে যে সমস্ত পরিবর্তন বা রূপান্তর আপনাআপনি ঘটে সেগুলোকে বলা হয় স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন। স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনগুলোতে দেখা যায়, এগুলো সর্বদাই একটা নির্দিষ্ট দিকে পরিচালিত হয়। যেমন- তাপ উচ্চতর তাপমাত্রা থেকে নিম্নতর তাপমাত্রার বস্তুতে পরিচালিত হয় কিন্তু নিম্নতর তাপমাত্রা থেকে উচ্চতর তাপমাত্রায় পরিচালিত হয় না। আবার, একটি বস্তুকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে তা নিচে পড়তে থাকে অর্থাৎ বিভবশক্তি হ্রাস পায়। কিন্তু বাহ্যিক বল না প্রয়োগ করলে তা আর পূর্বের অবস্থানে ফিরে না। সুতরাং সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনই একমুখী এবং অপ্রত্যাগামী।

গ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সংকুচিত গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ P_2 হলে,

$T_2P_2^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = T_1P_1^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

বা, $\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \frac{T_1}{T_2}$

বা, $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$

বা, $P_2 = P_1 \times \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$

এখানে,

আদি চাপ, $P_1 = 1\times10^5\ Nm^{-2}$

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 27°C$

$= (27 + 273)K$

$= 300K$

শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = (27 + 25)^0C$

$= (52 + 273)\ K$

$= 325K$

দ্বিপরমাণুক গ্যাসের জন্য $\gamma = 1.41$

$= 1 \times 10^5 \times \left(\frac{300}{325}\right)^{\frac{1.41}{1-1.41}}$

$= 1 \times 10^5 \left(\frac{300}{325}\right)^{\frac{1.41}{-0.41}}$

$= 1.32 \times 10^5$ Pa **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 1.31 \times 10^5 Pa$
গ্যাসটির আদি ও শেষ আয়তন যথাক্রমে V_1 ও V_2 হলে,

$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$

বা, $\frac{V_1^{\gamma}}{V_2^{\gamma}} = \frac{P_2}{P_1}$

বা, $\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$

বা, $\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{1.32 \times 10^5}{1 \times 10^5}\right)^{\frac{1}{1.41}}$

বা, $\frac{V_1}{V_2} = 1.22$

বা, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{1.22} = 0.82$

বা, $\frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{0.82-1}{1}$

বা, $\frac{V_1 - V_2}{V_1} = 0.18$

$\therefore \frac{\Delta V}{V_1} = 0.18$

$\therefore$ আয়তনের পরিবর্তন $= 0.18 \times 100\%$
$= 18\%$ **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶ ৫৪ হাসপাতালে ডাক্তারের পরামর্শে নার্স এক রোগীর দেহের তাপমাত্রা 107°F পর্যবেক্ষণ করলেন যা ডাক্তারের কাছে অবিশ্বাস্য মনে হলো। *[খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি]*

ক. ক্রান্তি তাপমাত্রা কাকে বলে? ১
খ. সার্বজনীন ধ্রুবক R এর মান ধনাত্মক হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
গ. নার্স কর্তৃক পর্যবেক্ষিত তাপমাত্রাকে কেলভিন স্কেলে প্রকাশ কর। ৩
ঘ. ডাক্তার সাহেব গবেষণাগারে স্থাপিত একটি আদর্শ ডাক্তারী থার্মোমিটারের নিম্ন ও ঊর্ধ্ব স্থিরবিন্দুর চেয়ে উদ্দীপকের থার্মোমিটারের নিম্ন ও ঊর্ধ্বস্থির বিন্দু যথাক্রমে 2°F বেশি এবং 3.5°F কম পর্যবেক্ষণ করলেন। এই তথ্যের আলোকে রোগীর দেহের প্রকৃত তাপমাত্রা কত হবে? ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রা বা তার নিচে কোন গ্যাসকে শুধু চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা সম্ভব তাকে ক্রান্তি তাপমাত্রা বলে।

খ সংজ্ঞানুযায়ী, স্থির চাপে 1 mol কোন গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাই সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক (R)।
গাণিতিকভাবে, $C_p\, dT = C_v dT + RdT$;
কারণ স্থির চাপে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে কেবল গ্যাস কর্তৃক কাজই সম্পন্ন হয় না, এর অভ্যন্তরীণ শক্তিও বৃদ্ধি পায়। তাই C_pdT সর্বদা C_vdT অপেক্ষা বড় হয়। অর্থাৎ $R = C_p - C_v$ এর মান সর্বদা ধনাত্মক হয়।

গ

$\frac{K-273}{5} = \frac{F-32}{9}$

$= \frac{107-32}{9}$

$\therefore K = \frac{107-32}{9} \times 5 + 273$

$= 314.67$ K **(Ans)**

দেওয়া আছে,
ফারেনহাইট এককে তাপমাত্রা, F = 107°F

ঘ এখন,

$\frac{F - F_1}{F_2 - F_1} = \frac{F' - F'_1}{F'_2 - F'_1}$

বা, $\frac{F-32}{212-32} = \frac{107-34}{208.5-34}$

$\therefore F = 107.3°F$ **(Ans.)**

আমরা জানি,
ফারেনহাইট স্কেলে,
আদর্শ থার্মোমিটারের,
নিম্ন স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F_1 = 32°F$
ঊর্ধ্ব স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F_2 = 212°F$
দেওয়া আছে,
রোগীর দেহের তাপমাত্রা, $F' = 107°F$
ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারের,
নিম্ন স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F'_1 = 34°F$
ঊর্ধ্ব স্থির বিন্দু তাপমাত্রা, $F'_2 = 208.5°F$
রোগীর দেহের সঠিক তাপমাত্রা, F = ?

প্রশ্ন ▶ ৫৫ 32°C তাপমাত্রা এবং 73cm পারদ চাপে 40g আণবিক ভরের কোন আদর্শ গ্যাসের আয়তন $0.05m^3$। আয়তন $0.08m^3$ বৃদ্ধি না হওয়া পর্যন্ত ধ্রুব চাপে গ্যাসটিকে উত্তপ্ত করা হল। গ্যাসটির ভর 40g এবং ধ্রুব আয়তনে গ্রাম আণবিক আপেক্ষিক তাপ $12.5 Jmol^{-1}K^{-1}$ *[খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি]*

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১
খ. গ্যাসের বায়বীয় অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় আনা হলে কীরূপ ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হয়? ২
গ. গ্যাসটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ৩
ঘ. গ্যাস কর্তৃক শোষিত তাপ কী পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে —ব্যাখ্যা কর। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ কোনো গ্যাসকে বায়বীয় অবস্থা হতে তরল অবস্থায় আনতে হলে প্রথমে গ্যাসটিকে ক্রান্তি তাপমাত্রা হতে নিচে আনতে হবে। পরবর্তীতে তাপমাত্রা কমিয়ে অথবা চাপ বাড়িয়ে গ্যাসটিকে তরলে পরিণত করতে হবে।

গ চার্লসের সূত্রানুসারে,

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

বা, $T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1$

$= \frac{0.13}{0.05} \times 305$ K

$= 793$ K

$= 520°C$ **(Ans.)**

এখানে,
আদি আয়তন, $V_1 = 0.05\ m^3$
শেষ আয়তন, $V_2 = (0.05 + 0.08)\ m^3$
$= 0.13\ m^3$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 32°C$
$= (32 + 273)$ K
$= 305$ K
$\therefore$ শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

ঘ স্থির চাপে শোষিত তাপ,

$\Delta Q = C_p \Delta T$
$= (C_v + R)\, \Delta T$
$= (C_v + R)\, (T_2 - T_1)$
$= (12.5 + 8.314)(793 - 305)$ J
$= 13157.13$ J
$= 10.16 \times 10^3$ J

দেওয়া আছে,
গ্যাসের ভর, m = 40 gm
আণবিক ভর, M = 40g/mol
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 32°C$
$= 305$ K
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 793$ K
$C_v = 12.5\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

অতএব, গ্যাস কর্তৃক শোষিত তাপের পরিমাণ 10.16×10^3 J বা 4.3 kJ।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ একটি কার্নোর চক্রে তাপ উৎস হতে 427K তাপমাত্রার 1000J তাপগ্রহণ করে এবং নিম্ন তাপমাত্রা আধারে 200K তাপমাত্রায় 600J তাপ বর্জন করে। *[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]*

ক. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কি? ১
খ. কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হওয়া সম্ভব নয় -ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক থেকে একটি পূর্ণ চক্রে কৃতকাজ ও ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ক্ষেত্রে ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কিনা- গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

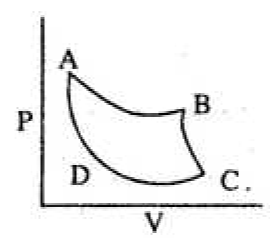
ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ ইঞ্জিন হতে অনবরত কাজ পেতে চলে সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটি চক্রাকারে চলতে হয়। কোন ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহী গ্যাসকে কয়েকটি ধাপে তাপ গ্রহণ-বর্জনের পর আবার পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসতে হবে। তাপ গতিবিদ্যার ১ম সূত্রাণুযাই কোন সিস্টেমের গ্যাসে dQ পরিমাণ তাপ দিলে, $dQ = du + w$.
এখানে প্রাপ্ত কাজ W এবং অভ্যন্তরীণ শক্তি du, এখন এই প্রক্রিয়াটি সচল রাখতে হলে গ্যাসকে আবার পূর্বের অবস্থায় ফেরত আসতে হবে। এজন্য du এর সমতুল্য পরিমাণ তাপ বর্জন করতে হবে কার্নো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে দক্ষতা $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100\%$
এখন 100% দক্ষতার জন্য $T_2 = 0K$ হতে হবে। কিন্তু বাস্তবে 0K তাপমাত্রা অর্জন করা সম্ভব নয় এবং এতো নিম্নতাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন প্রায় শূন্য হয়ে যায়। যেহেতু $T_2 > 0K$, তাই $T_1 - T_2 < T_1$
অতএব, $\eta < 100\%$

গ কৃতকাজ নির্ণয় : ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 400J
ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় : ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 40%

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : সম্ভব।

প্রশ্ন ▶৫৭ রাশেদ একটি ইঞ্জিন তৈরী করলো তার ইঞ্জিনটিতে 10g N_2 গ্যাস ব্যবহার করা হয়েছে। AB সমোষ্ণ ও BC রূদ্ধতাপীয় রেখা। বিভিন্ন বিন্দুতে চাপ ও আয়তন ছকে প্রদর্শিত হলো।



বিন্দু	চাপ atm	আয়তন litre	তাপমাত্রা kelvin
A	2.5	10.2	600
B	2.1	11.5	600
C	1.1	13.2	300
D	1.4	10.5	300

[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হওয়া সম্ভব নয় কেন ব্যাখ্যা করো? ২
গ. ইঞ্জিনটিতে DA রেখায় কৃত কাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. রাশেদের ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী, তা গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতার সূত্র থেকে আমরা জানি, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ যেখানে η হচ্ছে কর্মদক্ষতা ও T_1 ও T_2 যথাক্রমে তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা। যেহেতু $T_1 > (T_1 - T_2)$ কাজেই ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনোই 100% হতে পারে না। তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের মধ্যবর্তী তাপমাত্রার পার্থক্য যত বেশি হবে ইঞ্জিনের দক্ষতাও তত বেশি হবে তবে তা 100% এর কম থাকবে।

গ ইঞ্জিনটির DA রেখাটি রূদ্ধতাপীয় রেখা কারণ BC ২য় ধাপ যা রূদ্ধতাপীয় এবং DA চতুর্থ ধাপ।
এ ধাপের শুরুতে তাপমাত্রা, $T_1 = 300$ K
এবং শেষে তাপমাত্রা, $T_2 = 600$ K
কার্যনির্বাহক পদার্থের মোল সংখ্যা, $\eta = \frac{10g}{28g} = 0.357$
জানা আছে, আদর্শ গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ Jmole^{-1}K^{-1}$
এবং N_2 এর মতো দ্বিপরমাণুক গ্যাসের জন্য, $\gamma = 1.4$
∴ DA রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়াটিতে কৃতকাজ, $W = \frac{nR\,[T_2 - T_1]}{1 - \gamma}$
$= \frac{0.357 \times 8.314\ J\ mole^{-1}K^{-1}\ [600K - 300K]}{1 - 1.4}$
$= -2226J$ **(Ans.)**

ঘ AB পথে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = nRT_1\ ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$
$= 0.357 \times 8.314 \times 600 \times ln\left(\frac{11.5}{10.2}\right) JK^{-1}$
$= 213.63\ JK^{-1}$
BC পথে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_2 = 0$
CD পথে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_3 = nRT_2\ ln\left(\frac{V_D}{V_c}\right)$
$= 0.357 \times 8.314 \times 300 \times \ln\left(\frac{10.5}{13.2}\right) JK^{-1}$
$= -203.76\ Jk^{-1}$
DA পথে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_4 = 0$
সম্পূর্ণ চক্রে এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$
$= (213.63 - 203.76)\ JK^{-1}$
$= 9.87\ JK^{-1} \neq 0$
অতএব, প্রক্রিয়াটি অপ্রত্যাগামী।

প্রশ্ন ▶৫৮ একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা 400K এবং প্রতি চক্রে সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত 1 : 3। ইঞ্জিনটিতে কার্যকর বস্তু হিসেবে 2 মোল হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহার করা হলো। ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য রূপম উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে এবং সপ্নিল তাপগ্রাহকের একই পরিমাণ তাপমাত্রা হ্রাসের মত দিলেন।
[নিউ. গভ ডিগ্রী কলেজ, রাজশাহী]

ক. আভ্যন্তরীণ শক্তি কাকে বলে? ১
খ. রেফ্রিজারেটরের কার্যকৃত সহগ 4 বলতে কী বুঝায়-ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ইঞ্জিনটির প্রথম ধাপে সম্পন্ন কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের রূপম এবং সপ্নিলের মতামতের মধ্যে কোনটি অধিক গ্রহণযোগ্য— গণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে—ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন সিস্টেমের সবগুলো অণুর মোট শক্তি অর্থাৎ রৈখিক গতিশক্তি, কৌণিক গতিশক্তি এবং কম্পনগতিশক্তির মোট যোগফলকে ঐ সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে। এই শক্তি ব্যবহার করে সিস্টেমটি শক্তিকে অন্য শক্তি উৎপন্ন অথবা রূপান্তর করতে পারে।

খ রেফ্রিজারেটরের কার্যকৃত সহগ 4 বলতে বুঝায় রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ এবং রেফ্রিজারেটরের বাইরের এজেন্ট কর্তৃক কৃতকাজের অনুপাত হলো 4।

গ দেওয়া আছে,
কার্য নির্বাহক বস্তুর মোলসংখ্যা, n = 2
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, T = 400K
প্রথম ধাপটি হলো সমোষ্ণ প্রসারণ, এ সময়কালে তাপমাত্রা 400K-এ স্থির থাকবে তাই, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{3}{1}$
জানা আছে, মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ Jmole^{-1}K^{-1}$

বের করতে হবে, ১ম ধাপে সম্পন্ন কাজের পরিমান, W = ?

আমরা জানি, $W = nRT \ln \frac{V^2}{V_1} = 2 \times 8.314 \times 400 \ln \left(\frac{3}{1}\right)$

$= 7307$ J **(Ans.)**

ঘ ২য় ধাপটি হলো রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ, এ ধাপ শেষে তাপমাত্রা T_2 হলে এবং শুরুতে তাপমাত্রা $T_1 = 400$ K হলে, $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

$\therefore T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 400K \times \left(\frac{1}{3}\right)^{1.4-1}$ [হাইড্রোজেন দ্বিপরমাণুক গ্যাস, তাই $\gamma = 1.4$]

$= 257.75$ K

$\therefore$ কর্মদক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{257.75K}{400K} = 0.3556 = 35.56\%$

উৎসের তাপমাত্রা 50 K বৃদ্ধি করা হলে,

$\eta' = 1 - \frac{T_2}{T_1 + 50K} = 1 - \frac{257.75 \text{ K}}{400K + 50 \text{ K}} = 42.72\%$

গ্রাহকের তাপমাত্রা 50 K কমানো হলে,

$\eta'' = 1 - \frac{T_2 - 50K}{T_1} = 1 - \frac{257.75 \text{ K} - 50 \text{ K}}{400K} = 48.06\%$

দেখা যাচ্ছে $\eta'' > \eta'$

সুতরাং স্বপ্নিলের মতামত অধিক গ্রহণযোগ্য। উৎসের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধির চেয়ে গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট পরিমাণ হ্রাস করা অধিকতর সমীচিন।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ 0°C তাপমাত্রার 0.05kg বরফকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে ফেলে দেয়া হলো। এতে রূপান্তরিত শক্তির 60% তাপে রূপান্তরিত হয়ে সমস্ত বরফকে গলিয়ে দিল। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ত তাপ 3,36,000 Jkg^{-1}। *[রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ]*

ক. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কী? ১

খ. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে কেন? ২

গ. বরফ খন্ডটিকে কত উচ্চতা থেকে ফেলে দেয়া হয়েছিল বর্ণনা করো। ৩

ঘ. যদি উদ্দীপকের রূপান্তরিত শক্তির সবটুকু তাপে রূপান্তরিত হয় তবে এন্ট্রপির কিরূপ পরিবর্তন হবে নির্ণয় করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান-প্রদান হয় না তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় কোনো একটি সিস্টেম বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে। কোনো সিস্টেম A থেকে B তে যাওয়ার সময় এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS_1 = \frac{dQ}{T_1}$ হলে, B থেকে A থেকে ফেরার সময় এনট্রপির পরিবর্তন $dS_2 = -\frac{dQ}{T_1}$ হবে। অর্থাৎ এনট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2 = 0$

অর্থাৎ প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন হয় না বা এনট্রপি স্থির থাকে।

গ

প্রদত্ত শর্তানুসারে,

$ml_f = mgh \times 60\%$

বা, $ml_f = 0.6$ mgh

বা, $l_f = 0.6gh$

এখানে,
বরফের ভর,
m = 0.05 kg
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_f = 336000 \text{ Jkg}^{-1}$

$\therefore h = \frac{336000}{0.6 \times 9.8}$

$= 57142.9$ m **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, বরফ যেই উচ্চতা থেকে ফেলা হয়েছিল,

b = 57142.9 m

পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

60% তাপে সম্পূর্ণ বরফ গলে যায় অর্থাৎ 40% তাপশক্তি সেই তাপমাত্রা বৃদ্ধি করবে।

$\therefore mS (T_2 - T_1) = 0.4 \times mgh$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{0.4 \times 9.8 \times 57142.9}{4200}$

বা, $T_2 = 53.33 + 273$

$= 326.33$

$\therefore$ এনট্রপির পরিবর্তন = 0°C বরফ থেকে 0°C পানি + 0°C পানি থেকে 53.33°C পানি

$= \frac{ml_f}{T_1} + ms \ ln (T_2/T_1)$

$= \frac{0.05 \times 336000}{273} + 0.05 \times 4200 \times ln \left(\frac{326.33}{273}\right)$

$= 99.01 \text{ JK}^{-1}$ **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶ ৬০ P এবং Q দুটি তাপ ইঞ্জিন। P এর দক্ষতা $\frac{1}{6}$ এবং Q এর দক্ষতা $\frac{1}{3}$। উভয় ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা সমান। Q-এর তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা P অপেক্ষা 60K কম। *[মধুপুর শহীদ স্মৃতি উচ্চ বিদ্যালয় ও কলেজ, টাঙ্গাইল]*

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী? ১

খ. বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তাপ উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. Q ইঞ্জিনের গ্রাহকের তাপমাত্রা 30K বৃদ্ধি করলে দক্ষতার কী পরিবর্তন হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত দুটি বস্তু পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ

তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা

$\eta_p = \frac{1}{6} = 1 - \frac{T_{2p}}{T_{1p}}$

বা, $\frac{T_{2p}}{T_{1p}} = 1 - \frac{1}{6}$ .... (i)

এখানে,
P ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta_p = \frac{1}{6}$
Q ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta_Q = \frac{1}{3}$
উৎসের তাপমাত্রা, $T_{1p} = T_{1Q}$
গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_{2Q} = T_{2p} - 60$

একইভাবে,

$\frac{T_{2Q}}{T_{1Q}} = 1 - \frac{1}{3}$ .... (2)

$\frac{T_{2p}}{T_{1p}} \times \frac{T_{1Q}}{T_{2Q}} = \frac{5}{6} \times \frac{3}{2}$

বা, $\frac{T_{2p}}{T_{2p} - 60} = \frac{5}{4} = 1.25$

বা, $T_4 = 300$ K

$\therefore \eta_p = 1 - \frac{T_{2p}}{T_{1p}}$

বা, $\frac{1}{6} = 1 - \frac{300}{T_{1p}}$

$\therefore T_{1p} = 360$ K **(Ans.)**

ঘ

Q এর গ্রাহকের তাপমাত্রা 30K বাড়ালে

$T_{2Q} = T_{2p} - 60 + 30$
$= 300 - 60 + 30$
$= 270$

'গ' হতে পাই,
Q ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা, $T_{1Q} = 360K$
এবং P ইঞ্জিনের গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_{2p} = 300$ K
দক্ষতা, $\eta_Q = ?$
পূর্বের দক্ষতা $= \frac{1}{3}$

$$\therefore \eta_Q = 1 - \frac{T_{2Q}}{T_{2p}} = 1 - \frac{270}{360} = \frac{1}{4}$$

দক্ষতার পরিবর্তন হলো $= \frac{\frac{1}{3} - \frac{1}{4}}{\frac{1}{3}} \times 100\%$

$$= \left(1 - \frac{3}{4}\right) \times 100\% = 25\%$$

অতএব, গ্রাহকের তাপমাত্রা 30K বাড়ালে দক্ষতা 25% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶৬১ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।
ইসমাইল সাহেব মাথা উঁচু করে নায়াগ্রা জলপ্রপাত অবলোকন করতে গিয়ে পরিমাপ করলেন যে, জল প্রপাতের তলদেশে ও শীর্ষদেশের তাপমাত্রার পার্থক্য 0.5K। *[মহীপুর হাজী মহসিন সরকারি কলেজ]*

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১
খ. কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা কিভাবে তৈরি করা হয়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. জল প্রপাতের উচ্চতা কত? ৩
ঘ. জলপ্রপাতের তাপমাত্রা পাদদেশে বেশি না শীর্ষদেশে বেশি তার পক্ষে তোমার মতামত তুলে ধর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ কোন অস্থিতিশীল পরমাণুর নিউক্লিয়াস হতে প্রাকৃতিক ভাবে α, β, γ রশ্মি নির্গমনকে তেজস্ক্রিয়তা বলে। কৃত্রিম উপায়ে কোন পরমাণুকে গতিশক্তি সম্পন্ন নিউক্লিয়ন দ্বারা আঘাত (Bombarding) করে নতুন অস্থিতিশীল পরমাণু তৈরি করা হয়। পরবর্তিতে এই নতুন পরমাণু হতে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হয়। রাদার ফোর্ড সর্বপ্রথম α-কণা দ্বারা ^{14}N এর নিউক্লিয়াসকে আঘাত করে তেজস্ক্রিয় $^{14}_{8}O^*$ পরমাণু তৈরি করতে সমর্থ হন।

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O^* + ^{1}_{1}H \text{ (প্রোটন)}$$

গ জলপ্রপাতের উপর হতে নিচে পরা পানির বিভব শক্তি, E_p ভূমিতে পরার পূর্বমুহূর্তে পুরোপুরি গতিশক্তি, E_k তে পরিণত হয়।
অনুমান করি, ভূমিতে পতিত হওয়ার পর এ গতিশক্তি, E_k পুরোপুরি তাপশক্তি, Q তে পরিণত হলে,

$Q = E_k = E_p$
বা, $mS\,\Delta\theta = mgh$
বা, $h = \frac{S\Delta\theta}{g}$
$= \frac{4200 \times 0.5}{9.8}$
$= 214.29$m **(Ans.)**

এখানে,
পানির আপেক্ষিক তাপ, $S = 4200$ Jkg^{-1} K^{-1}
তাপমাত্রার পার্থক্য, $\Delta\theta = 0.5$ K
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

ঘ জলপ্রপাতের শীর্ষদেশে পানির বিভব শক্তি নিচে পতিত হওয়ার সময় গতিশক্তিতে পরিণত হয়।
ফলে তলদেশে পতিত হওয়ার সময় পানির তলদেশকে আঘাত করার ফলে এর গতিশক্তির কিছু অংশ তাপশক্তি ও কিছু অংশ শব্দশক্তিতে পরিণত হয়। এ তাপ গ্রহণ করে জলপ্রপাতের তলদেশের পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।
একারণে জলপ্রপাতের উপরের চাইতে নিচে তাপমাত্রা বেশি হয়।

প্রশ্ন ▶৬২ দুটি তাপ ইঞ্জিনের তথ্য নিম্নরূপ :

ইঞ্জিন	উৎসের তাপমাত্রা	গ্রাহকের তাপমাত্রা	ব্যবহৃত জ্বালানী পরিমাণ	ব্যবহৃত জ্বালানীর আপেক্ষিক তাপ
P	300°C	– 30°C	0.8 kg	1980 $Jkg^{-1}K^{-1}$
Q	900 K	400 K	1.2 kg	1230 $Jkg^{-1}K^{-1}$

[সিরাজগঞ্জ সরকারি কলেজ]

ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র বিবৃত কর। ১
খ. টায়ার ফেটে গেলে ঠান্ডা বাতাস বের হয় কেন? ২
গ. P ইঞ্জিনের দক্ষতা ১৫% বৃদ্ধি করতে গ্রাহকের তাপমাত্রার কী পরিবর্তন করতে হবে? ৩
ঘ. P ও Q ইঞ্জিনদ্বয়ের মধ্যে কোনটি পরিবেশবান্ধব -গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যুক্তি দাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ টায়ার ফাটলে হঠাৎ চাপ হ্রাস পায় তাই এর অভ্যন্তরীণ গ্যাসের খুব দ্রুত সম্প্রসারণ ঘটে। এ কারণে উক্ত গ্যাস পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদান করার জন্য যথেষ্ট সময় পায় না। তাই এ প্রক্রিয়াটি হল রুদ্ধতাপীয়। হঠাৎ আয়তন অনেক বেড়ে গেলে আয়তন সম্প্রসারণজনিত কাজ সম্পন্ন হয়। এজন্য যে শক্তির প্রয়োজন হয় তা গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি হতে শোষিত হয়। এ কারণে টায়ার ফাটলে ঠান্ডা বাতাস বের হয়।

গ এখানে P ইঞ্জিনের,
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 300°C = (300 + 273)$ K $= 573$ K
গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = -30°C = (-30 + 273)$ K $= 243$ K
ইঞ্জিনের দক্ষতা η হলে,
আমরা জানি,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{243}{573}$$
$$\therefore \eta = 0.58$$

দক্ষতা 15% বৃদ্ধি করলে দক্ষতা, $\eta' = \eta + 0.15\eta$
বা, $\eta' = (1.15)\eta$
বা, $\eta' = 1.15 \times 0.58$
$\therefore$ $\eta' = 0.66$

মনে করি, গ্রাহকের নতুন তাপমাত্রা T_2'

সুতরাং, $1 - \frac{T_2'}{T_1} = \eta'$

বা, $\frac{T_2'}{573} = 1 - 0.66$

$\therefore$ $T_2' = 193.5$ K

গ্রাহকের তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta T_2 = (T_2 - T_2') = (243 - 193.5)$ K $= 49.5$ K

সুতরাং, 49.5 K তাপমাত্রা কমাতে হবে।

ঘ এখানে P ইঞ্জিনের,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 573$ K

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 243$ K

জ্বালানির ভর, $m_P = 0.8$ kg

জ্বলীয় আপেক্ষিক তাপ, $S_P = 1980\ Jkg^{-1}K^{-1}$

এবং Q ইঞ্জিনের,

উৎসের তাপমাত্রা, $T_1' = 900$ K

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2' = 400$ K

জ্বালানির ভর, $m_Q = 1.2$ kg

ব্যবহৃত জ্বালানির আপেক্ষিক তাপ, $S_Q = 1230\ Jkg^{-1}K^{-1}$

P ইঞ্জিন কর্তৃক গৃহিত তাপ $= m_pS_pT_1$

এবং বর্জিত তাপ $= m_pS_pT_2$

মনে করি, P ও Q ইঞ্জিন কর্তৃক কাজে রূপান্তরিত তাপ যথাক্রমে q_p ও q_Q।

সুতরাং, $q_p = m_P S_P \Delta T = m_PS_P (T_1 - T_2)$

বা, $q_Q = 0.8 \times 1980 \times (573 - 243)$

$\therefore q_p = 522.72$ kJ

আবার, $q_Q = m_QS_Q\Delta T = m_QS_Q (T_1' - T_2')$

বা, $q_Q = 1.2 \times 1230 \times (900 - 400)$

$\therefore q_Q = 738$ kJ

P ইঞ্জিনের প্রতি কেজি জ্বালানির ব্যয়ে প্রাপ্ত কাজ বা তাপ,

$$= \frac{q_P}{0.8} = \frac{522.72}{0.8} = 653.4\ Jkg^{-1}$$

এবং Q ইঞ্জিনের প্রতি কেজি জ্বালানীর ব্যয়ে প্রাপ্ত কাজ বা তাপ,

$$= \frac{q_Q}{1.2} = \frac{738}{1.2} = 615\ Jkg^{-1}$$

যেহেতু P ইঞ্জিনটি প্রতি কেজিতে বেশি কাজ প্রদান করে অর্থাৎ এখান থেকে ভাল ফলাফল পাওয়া যাবে সুতরাং এটি বেশি পরিবেশবান্ধব।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ একটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 427°C এবং গ্রাহকের তাপমাত্রা 217°C। *[এম সি কলেজ, সিলেট]*

ক. ধারক কী? ১

খ. তাপাধারের তাপমাত্রা যত কম হবে ইঞ্জিনের দক্ষতা তত বেশী- ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. "উদ্দীপকের ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে ইঞ্জিনটির দক্ষতাও দ্বিগুণ হবে"। উক্তিটি যাথার্থ কিনা উত্তর দাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধারক হচ্ছে এমন একটি ব্যবস্থা যে ব্যবস্থার সাহায্যে চার্জ সংরক্ষণ করে রাখা যায়।

খ কার্নো ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপশক্তি ও ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তির অনুপাতকে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ সমীকরণে, T_1 হলো উৎসের তাপমাত্রা এবং T_2 গ্রাহকের তাপমাত্রা। উক্ত সমীকরণ অনুসারে, T_2 এর মান যত হ্রাস পাবে, $(T_1 - T_2)$ এর মান তত বৃদ্ধি পাবে। $T_1 - T_2$ এর মান যত বাড়বে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা তত বাড়বে। এ কারণে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে, উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 427°C = (427 + 273)K$
$= 700$ K

গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 217°C = (217 + 273))K$
$= 490$ K

দক্ষতা, $\eta = ?$

$\therefore$ দক্ষতা, $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\eta = 1 - \frac{490}{700} = 0.3$

$\therefore \eta = 30\%$ (Ans.)

ঘ ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে,

$T_1 = 2 \times 427°C$
$= 850°C$
$= (854 + 273)$ K
$= 1127$ K

$T_2 = 490$ K

এখন, নতুন দক্ষতা $\eta' = 1 - \frac{490}{1127}$ $[\because \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}]$
$= 0.57$

'গ' থেকে পাই, $\eta = 0.3$

এখন, $\frac{\eta'}{\eta} = \frac{0.57}{0.3} \approx 2$

$\therefore$ উদ্দীপকের ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে ইঞ্জিনটির দক্ষতাও প্রায় দ্বিগুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ একটি তাপ ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহক বস্তু 800K তাপমাত্রার উৎস থেকে 12000J তাপ শক্তি শোষণ করে। গ্রাহকের তাপমাত্রা 300K। *[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]*

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. $C_p > C_v$ ব্যাখ্যা করো? ২

গ. ইঞ্জিনটির গ্রাহকে বর্জিত তাপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা 70% করতে গ্রাহকের তাপমাত্রা কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ।
স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P\,\Delta T = C_V\,\Delta T + W$; W হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য গ্যাসকে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তার সমতুল্য তাপ।

$\therefore C_P > C_V$

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 4500J

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 60°C কমাতে হবে।

পদার্থবিজ্ঞান

প্রথম অধ্যায়: তাপগতিবিদ্যা

১. এক ক্যালরি তাপকে কাজে রূপান্তর করতে কত জুল কাজ করতে হবে? [কালিকাপুর আবদুল মতিন খসরু ডিগ্রি কলেজ, কুমিল্লা] (জ্ঞান)
ক) 1J খ) 2.4J
গ) 4.2J ঘ) 14.2J — গ

২. একটি ছোট ও একটি বড় তামার গোলককে সমপরিমাণ তাপ দিলে নিচের কোনটি ঘটবে? (অনুধাবন)
ক) বড় গোলকের তাপমাত্রা বেশি হবে
খ) ছোট গোলকের তাপমাত্রা বেশি হবে
গ) উভয়ের তাপমাত্রা সমান হবে
ঘ) ছোট গোলকের তাপ বেশি হবে — খ

৩. গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি নির্ভর করে কোন রাশির ওপর? [হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক) চাপ খ) তাপমাত্রা
গ) আয়তন ঘ) এনট্রপি — খ

৪. একটি নির্দিষ্ট রোধ থার্মোমিটারে বরফ বিন্দু ও স্টীম বিন্দুতে রোধ যথাক্রমে 40Ω ও 51.6Ω. কোনো তরলের স্ফুটনাংকে এর রোধ 55.3Ω হলে তরলের উষ্ণতা কত? (প্রয়োগ)
ক) 131.9°C খ) 132°C
গ) 140°C ঘ) 160°C — ক

৫. একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারে বরফবিন্দু 5°C এবং স্টীম বিন্দু 115°C কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 60°C হলে ঐ থার্মোমিটারের পাঠ কত হবে? (প্রয়োগ)
ক) 65°C খ) 71°C
গ) 86°C ঘ) 67°C — খ

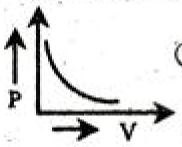
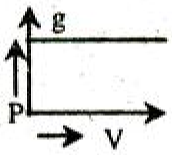
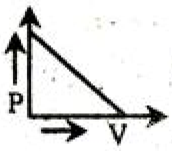
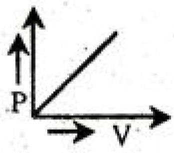
৬. কোন তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ, পানি ও জলীয়বাষ্প একই তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকতে পারে? (জ্ঞান)
ক) 0°K খ) 273°C
গ) 273.16K ঘ) 32K — গ

৭. ফারেনহাইট স্কেলে কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 50°F হলে কেলভিন স্কেলে উক্ত বস্তুর তাপমাত্রা কত? (প্রয়োগ)
ক) 273K খ) 293K
গ) 283K ঘ) 98°K — গ

৮. কোন তাপমাত্রায় ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেল একই পাঠ দেয়? (প্রয়োগ)
ক) 574.25°K খ) 5.74°K
গ) 5742°K ঘ) 57.42°K — ক

৯. তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র সর্বপ্রথম কে আবিষ্কার করেন? [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]
ক) নিউটন খ) জুল
গ) রামফোর্ড ঘ) ফ্যারাডে — খ

১০. কোন প্রক্রিয়ায় কৃত কাজ শূন্য হয়? (জ্ঞান)
ক) সমচাপ প্রক্রিয়া খ) সমআয়তন প্রক্রিয়া
গ) সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ঘ) রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া — খ

১১. সমোষ্ণ রেখা কোনটি?
ক) 
খ) 
গ) 
ঘ)  — ক

১২. দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের জন্য γ এর মান কত? [খুলনা পাবলিক কলেজ, খুলনা] (জ্ঞান)
ক) 1.66 খ) 1.33
গ) 1.25 ঘ) 1.4 — ঘ

১৩. C_p, C_v ও R এর সম্পর্ক কোনটি? (জ্ঞান)
ক) $C_P + C_V = R$ খ) $C_P - C_V = R$
গ) $C_P / C_V = R$ ঘ) $C_P . C_V = R$ — খ

১৪. কোনো ত্রিপারমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা দ্বিগুণ হলে চাপের কী হবে? (প্রয়োগ)
ক) 4 গুণ হবে খ) 8 গুণ হবে
গ) 16 গুণ হবে ঘ) 32 গুণ হবে — গ

১৫. 1×10^5 Nm^{-2} স্থির চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসের আয়তন 0.04 m^3 থেকে 0.03 m^3 করা হলো। বহিঃস্থ কাজের পরিমাণ কত? (প্রয়োগ)
ক) 1 J খ) 10 J
গ) 100 J ঘ) 1000 J — ঘ

১৬. একটি কার্নো ইঞ্জিনের পানির হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক-এর মধ্যে কার্যকর দক্ষতা কত? [এসও এস হারম্যান মেইনর কলেজ, ঢাকা]
ক) 100% খ) 26.8%
গ) 20.6% ঘ) 0% — খ

১৭. সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন কোন ধরনের প্রক্রিয়া? [কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া] (জ্ঞান)
ক) সমোষ্ণ খ) রূদ্ধতাপীয়
গ) প্রত্যাবর্তী ঘ) অপ্রত্যাবর্তী — ঘ

১৮. একটি তাপীয় ইঞ্জিন 200°C থেকে 500°C তাপমাত্রার মধ্যে কাজ করলে, কর্মদক্ষতা কত? (প্রয়োগ)
ক) 31.41% খ) 38.8%
গ) 75.00% ঘ) 32.00% — খ

১৯. একটি কার্নো ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 48%। তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 10°C হলে উৎসের তাপমাত্রা কত? (প্রয়োগ)
ক) 271.23°C খ) 272.0°C
গ) 277.5°C ঘ) 273.6°C — ক

২০. এনট্রপির মাত্রা কী? (অনুধাবন)
ক) $ML^2T^{-2}K^{-1}$ খ) $ML^2T^2K^{-2}$
গ) $AL^2T^2K^{-1}$ ঘ) $AL^2T^2K^{-2}$ — ক

২১. এনট্রপির S.I. একক কী? (জ্ঞান)
ক) Jk^{-1} খ) JK
গ) $J^{-1}K$ ঘ) $J^{-1}K^{-1}$ — ক

২২. সর্বপ্রথম এনট্রপির নামকরণ কে করেন? (জ্ঞান)
ক) জুল খ) ভীন
গ) ক্লসিয়াস ঘ) কেলভিন — গ

২৩. এনট্রপি সবচেয়ে কম থাকে কোন অবস্থায়?
ক) তরল খ) প্লাজমা
গ) গ্যাসীয় ঘ) কঠিন — ঘ

২৪. এনট্রপি সর্বোচ্চ হওয়াকে বিশ্বের তাপীয় মৃত্যু বলে অভিহিত করেছেন কে? (জ্ঞান)
ক) জুল খ) ক্লসিয়াস
গ) কেলভিন ঘ) ভীন — গ

২৫. কোনো পদার্থে তাপ প্রয়োগ করলে— (অনুধাবন)
i. অভ্যন্তরস্থ চাপ কমতে পারে
ii. তাপমাত্রা বাড়তে পারে
iii. অবস্থার পরিবর্তন ঘটতে পারে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক) i ও ii খ) ii ও iii
গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii — ঘ

২৬. প্রত্যেক সিস্টেমের—— (অনুধাবন)
i. একটা নির্দিষ্ট আয়তন থাকে
ii. অন্তঃস্থ শক্তি থাকে
iii. নির্দিষ্ট ভর থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓐ i ও ii ⓑ ii ও iii
ⓒ i ও iii ⓓ i, ii ও iii **খ**

২৭. 1×10^5 Nm^{-2} স্থির চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসের আয়তন 0.02 m^3 বৃদ্ধি পেল। এক্ষেত্রে—— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. কাজের পরিমাণ 2000J
ii. কাজের পরিমাণ 5×10^6J
iii. ব্যবস্থা দ্বারা কাজ সম্পাদিত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **গ**

২৮. তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রের সাধারণ রূপ কোনটি? [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (অনুধাবন)
i. $dQ = dU + dW$
ii. $dQ = dU + PdV$
iii. $dW = dQ - PdV$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **ক**

২৯. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে——
[খুলনা পাবলিক কলেজ, খুলনা] (অনুধাবন)
i. এটি খুব ধীর প্রক্রিয়া
ii. এটি স্বতঃস্ফূর্ত প্রক্রিয়া
iii. কার্য পরিবাহক বস্তু প্রাথমিক অবস্থায় ফিরে আসে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **খ**

৩০. রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে— [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]
i. তাপমাত্রার পরিবর্তন
ii. একটি দ্রুত প্রক্রিয়া
iii. গ্যাসের পাত্র কুপরিবাহী
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৩১. একটি ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 40%। এর নিম্ন তাপাধারের তাপমাত্রা 7°C হলে উষ্ণ তাপাধারে তাপমাত্রা হলো— (প্রয়োগ)
i. 193.7°C ii. 466.7K
iii. 380.7°F
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৩২. কার্নোর ইঞ্জিনের দক্ষতার রাশিমালা——
[কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া]
i. $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$
ii. $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$
iii. $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i খ i ও ii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৩৩. এনট্রপি——
[সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম] (অনুধাবন)
i. তাপ প্রবাহের দিক নির্দেশ করে
ii. তাপ ও তাপমাত্রার অনুপাত
iii. বিশৃঙ্খলার পরিমাণ
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৩৪. এনট্রপির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য——[দিনাজপুর সরকারি কলেজ, দিনাজপুর]
i. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন নেই
ii. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় স্থির তাপীয় ধর্মটি হল এনট্রপি
iii. মহাবিশ্বের এনট্রপি ক্রমাগত বেড়েই চলছে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

উদ্দীপকটি পড়ে এবং ৩৫ ও ৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
পাম্প করার সময় একটি সাইকেলের টায়ার হঠাৎ ফেটে গেল।

৩৫. এ প্রক্রিয়াটি হলো—— [আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (অনুধাবন)
ক সমোষ্ণ খ রুদ্ধতাপীয়
গ সমআয়তন ঘ সমচাপ **খ**

৩৬. অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন—— [আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (অনুধাবন)
ক ধনাত্মক খ ঋণাত্মক
গ শূন্য ঘ অসীম **খ**

উদ্দীপকটি পড়ে ৩৭ ও ৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
যন্ত্র প্রকৌশলী সাদি 100% দক্ষ এরূপ একটি তাপ ইঞ্জিন নির্মাণ করতে চান। এজন্য তিনি প্রয়োজনীয় নকশা/ডিজাইনের প্রস্তুতি নেন।

৩৭. ওপরোক্ত ইঞ্জিন নির্মাণ সম্ভব হবে কোন ক্ষেত্রে? (প্রয়োগ)
ক $Q_1 = 0$ খ $Q_1 = 1$
গ $Q_2 = 0$ ঘ $Q_2 = 1$ **গ**

৩৮. উক্ত ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে বলা যায়— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. এরূপ ইঞ্জিন নির্মাণ সম্ভব হলে তা তাপ উৎস থেকে যে তাপ গ্রহণ করবে তার সবটুকুই কাজে পরিণত করবে।
ii. বাস্তবে এ ধরনের ইঞ্জিন নির্মাণ অসম্ভব
iii. বিজ্ঞানী কার্নোর প্রস্তাবনা এ ধরনের ইঞ্জিন নির্মাণের সম্ভাবনা নাকচ করে দেয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

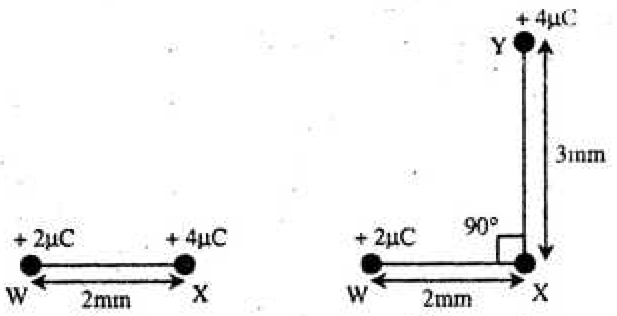
উদ্দীপকের আলোকে পরবর্তী দু'টি প্রশ্নের উত্তর দাও।
একটি তাপ ইঞ্জিন 327°C তাপমাত্রা 500J তাপ গ্রহণ করে এবং 27°C তাপমাত্রায় তাপ বর্জন করে। কিছু সময় পর তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 177°C-এ উন্নীত হয়।

৩৯. ইঞ্জিন কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কত? (প্রয়োগ)
ক 1500J খ 1000J
গ 500J ঘ 250J **ঘ**

৪০. দুই অবস্থায় ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতার অনুপাত কত? (প্রয়োগ)
ক 3 : 4 খ 1 : 1
গ 2 : 3 ঘ 2 : 1 **ঘ**

অধ্যায়-২: স্থির তড়িৎ

প্রশ্ন ▶ ১



চিত্র-i চিত্র-ii

চিত্র (i) এ W এবং X বিন্দুতে দু'টি বিন্দুচার্জ স্থির রয়েছে। [ঢা. বো. ২০১৭]

ক. ধারকত্ব কী? ১

খ. কোনো বর্তনীতে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের ভূমিকা কী? ২

গ. $+2\mu C$ চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. W বিন্দুতে $+2\mu C$ চার্জটিকে স্থির রেখে $+4\mu C$ চার্জটিকে Y বিন্দুতে সরানো হল (চিত্র-ii)। চিত্র (i) অবস্থানে এবং চিত্র (ii) অবস্থানে $+4\mu C$ চার্জটির তড়িৎ বিভবের কোনো পরিবর্তন হবে কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাই ঐ পরিবাহীর চার্জ ধারকত্ব বা সংক্ষেপে ধারকত্ব।

খ প্রত্যেক তড়িৎ উৎসের অভ্যন্তরে কিছু রোধ সর্বদা তড়িৎ প্রবাহকে বাধা দেয়। একে উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে। এ রোধের কারণে বর্তনীর বহিঃস্থ রোধে প্রাপ্ত বিভব উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি অপেক্ষা কম হয়। এজন্য বহিঃস্থ বর্তনীতে প্রাপ্ত শক্তি উৎস কর্তৃক ব্যয়িত শক্তির সমান হয় না।

গ দেওয়া আছে,

W বিন্দুতে চার্জ, $q_1 = +2\mu C = +2 \times 10^{-6} C$

X বিন্দুতে চার্জ, $q_2 = +4\mu C = +4 \times 10^{-6} C$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 2mm = 2 \times 10^{-3} m$

বের করতে হবে, $q_1 = +2\mu C$ চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল বল, F = ?

আমরা জানি,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 18000 \text{ N} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ চিত্র (i) অনুসারে,

W বিন্দু থেকে X বিন্দুর দূরত্ব, $r = 2mm = 2 \times 10^{-3} m$

W বিন্দুতে আধান, $q = +2\mu C = +2 \times 10^{-6} C$

∴ $+2\mu C$ চার্জের দরুন X বিন্দুতে তড়িৎ বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$= 9 \times 10^6 \text{ V}$$

চিত্র (ii) অনুসারে,

W বিন্দু থেকে Y বিন্দুর দূরত্ব, $r' = \sqrt{WX^2 + XY^2}$

$= \sqrt{2^2 + 3^2}$ mm

$= \sqrt{13}$ mm

$= \sqrt{13} \times 10^{-3}$ m

∴ Y বিন্দুতে $+2\mu C$ চার্জের দরুন তড়িৎ বিভব,

$$V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r'}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{13} \times 10^{-3}}$$

$$= 4.99 \times 10^6 \text{ V}$$

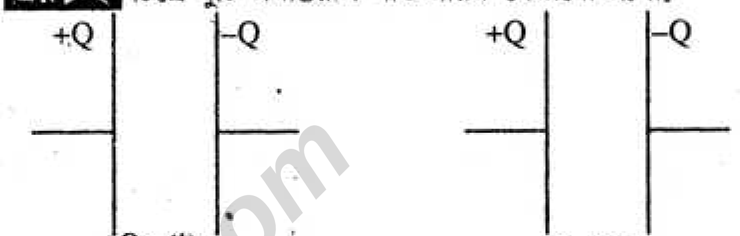
∴ তড়িৎ বিভবের পরিবর্তন, $\Delta V = V - V'$

$= 9 \times 10^6 - 4.99 \times 10^6$

$= 4.01 \times 10^6$ V

সুতরাং, W বিন্দুতে চিত্র (i) অবস্থান এবং চিত্র (ii) অবস্থানের $+4\mu C$ চার্জের জন্য তড়িৎ বিভবের পরিবর্তন হবে। এক্ষেত্রে, চিত্র (ii) অবস্থানের জন্য তড়িৎ বিভব, চিত্র (i) অবস্থানের জন্য তড়িৎ বিভব অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ২ চিত্রে দুটি সমান্তরাল পাত ধারক দেখানো হলো:



চিত্র (i) চিত্র (ii)

পাতের ক্ষেত্রফল = 4 cm^2 পাতের ক্ষেত্রফল = 2 cm^2

উভয় ক্ষেত্রে $Q = 2$ C এবং $K = 1$ [ঢা. বো. ২০১৬]

ক. বিন্দু চার্জ কী? ১

খ. "চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য" ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র (i) এর পাতদ্বয়ের বিভব 2 V হলে ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. (i) ও (ii) চিত্রের ধারকের পাতগুলোকে কীভাবে স্থাপন করলে উভয় ধারকের ধারকত্বের মান সমান হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু চার্জ বলা হয়।

খ কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না, সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে। তাই তড়িৎ বলরেখা পৃষ্ঠ থেকে নির্গত হয় অথবা অসীম থেকে পৃষ্টে এসে শেষ হয়, তাই বলা যায় চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বল রেখা থাকে না। এজন্য গাউসের সূত্রানুযায়ী চার্জিত পরিবাহী গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ আমরা জানি, ধারকে সঞ্চিত শক্তি,

$$U = \frac{1}{2}QV$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \text{ C} \times 2 \text{ V}$$

$$= 2 \text{ J}$$

এখানে,
চার্জের পরিমাণ, $Q = 2$ C
পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, $V = 2$ V
সঞ্চিত শক্তি, $U = ?$

অতএব, চিত্র (i) এর ধারকের সঞ্চিত শক্তি 2J. **(Ans)**

ঘ এখানে, চিত্র (i)এর ধারকের–

পাতের ক্ষেত্রফল, $A_1 = 4 \text{ cm}^2$

ধরি, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= d_1$

এবং চিত্র (ii)এর ধারকের-

পাতের ক্ষেত্রফল, $A_2 = 2 \text{ cm}^2$

ধরি, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= d_2$

সুতরাং প্রথম ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = \frac{A_1 \epsilon_0 K}{d_1}$

এবং দ্বিতীয় ধারকের ধারকত্ব, $C_2 = \frac{A_2 \epsilon_0 K}{d_2}$

শর্তানুসারে, উভয় ধারকের ধারকত্ব সমান হতে হবে

$\therefore \frac{A_1 \epsilon_0 K}{d_1} = \frac{A_2 \epsilon_0 K}{d_2}$

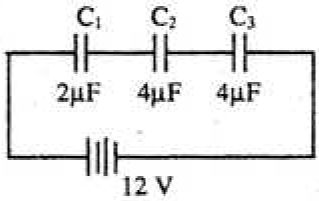
বা, $\frac{d_1}{d_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{4\ cm^2}{2\ cm^2} = 2$

বা, $d_1 = 2d_2$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, ১ম ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব ২য় ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের দ্বিগুণ করা হলে, উক্ত ধারকদ্বয়ের ধারকত্বের মান সমান হবে।

সুতরাং চিত্র (i) ও (ii) এর ধারক দুটির পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের অনুপাত 2 : 1 হলে উভয় ধারকের ধারকত্ব সমান হবে।

প্রশ্ন ▶৩ নিচের একটি তড়িৎ বর্তনী দেখানো হল:



/রা. বো. ২০১৭/

ক. ধারক কী? ১

খ. 3.67 ফ্যারাড বলতে কী বোঝায়? ২

গ. সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পেতে উদ্দীপকের সমবায়টির কী রকমের পরিবর্তন প্রয়োজন— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলকে ধারক বলে।

খ 3.67 ফ্যারাড বলতে বোঝায়–

i. কোনো পরিবাহীর বিভব এক ভোল্ট বাড়াতে 3.67 কুলম্ব আধানের প্রয়োজন হয়।

ii. কোন পরিবাহীর বিভব 1V বৃদ্ধি করতে সম্পাদিত কাজ তথা পরিবাহীতে সঞ্চিত শক্তির পরিমান $\frac{3.67}{2}$ J বা 1.835J।

গ দেওয়া আছে,

১ম ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = 2\mu F$

২য় ধারকের ধারকত্ব, $C_2 = 4\mu F$

৩য় ধারকের ধারকত্ব, $C_3 = 4\mu F$

বিভব, V = 12V

প্রদত্ত বর্তনীতে ধারকগুলি শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত। এই সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$= \frac{1}{2\mu F} + \frac{1}{4\mu F} + \frac{1}{4\mu F}$$

$$= \frac{2+1+1}{4\mu F} = \frac{4}{4\mu F}$$

$$\therefore C_s = 1\mu F$$

$$= 1 \times 10^{-6} F$$

$\therefore$ সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমান U হলে,

$$U = \frac{1}{2} C_s V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10^{-6} F \times (12V)^2$$

$$= 72 \times 10^{-6} J \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

১ম ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = 2\mu F$

২য় ধারকের ধারকত্ব, $C_2 = 4\mu F$

৩য় ধারকের ধারকত্ব, $C_3 = 4\mu F$

আমরা জানি, ধারকের সঞ্চিত শক্তির রাশিমালা, $U = \frac{1}{2} CV^2$ সুতরাং দেখা যাচ্ছে, C এর মান বা তুল্য ধারকত্বের মান সর্বোচ্চ হলে সঞ্চিত শক্তির মান সর্বোচ্চ হবে। আমরা আরও জানি, ধারকের সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব সবচেয়ে বেশি হয়।

অতএব, সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পেতে হলে ধারকগুলিকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করতে হবে।

সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব, $C_p = C_1 + C_2 + C_3$

$$= (2 + 4 + 4)\ \mu F$$

$$= 10\mu F = 10 \times 10^{-6} F$$

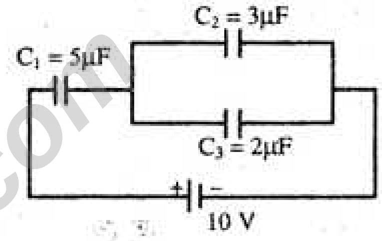
সমান্তরাল সমবায়ে সঞ্চিত শক্তি, $U_p = \frac{1}{2} C_p V^2$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} F \times (12V)^2$$

$$= 720 \times 10^{-6} J$$

এটিই সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি।

প্রশ্ন ▶৪ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর:



/রা. বো. ২০১৬/

ক. তড়িৎ প্রাবল্য কী? ১

খ. কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান 10T বলতে কী বোঝায়? ২

গ. C_2 ধারকে চার্জের পরিমাণ কত নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বর্তনীর C_2 ও C_3 কে শ্রেণিতে যুক্ত করলে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বাড়বে কিনা যাচাই কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান 10T বলতে বুঝায়:

i. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্ব বরাবর স্থাপিত কোনো তলের প্রতি $1m^2$ ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে 10Wb চৌম্বক ফ্লাক্স আগত বা নির্গত হবে।

ii. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের সাথে সমকোণে 1C চার্জ $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে তা 10N বল অনুভব করবে।

গ এখানে,

$C_1 = 5\mu F = 5 \times 10^{-6}$ F

$C_2 = 3\mu F = 3 \times 10^{-6}$ F

$C_3 = 2\mu F = 2 \times 10^{-6}$ F

বিভব পার্থক্য, V = 10 V

C_2 ধারকে চার্জের পরিমাণ, $Q_2 = ?$

C_2 ও C_3 ধারকের সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_P হলে,

$C_P = C_2 + C_3 = 3 \times 10^{-6} + 2 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-6}$ F

এখন, C_1 ও C_p শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত।

C_1 ও C_p এর শ্রেণি সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব C_S হলে,

$$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_P}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_S} = \frac{1}{5 \times 10^{-6}} + \frac{1}{5 \times 10^{-6}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_S} = \frac{2}{5 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore C_S = 2.5 \times 10^{-6} F$$

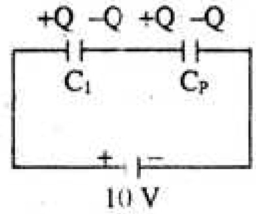
আমরা জানি, $Q = CV$

তাহলে, সমগ্র বর্তনীর জন্য,

$Q = C_S V$

বা, $Q = 2.5 \times 10^{-6} \times 10$ C

$\therefore Q = 2.5 \times 10^{-5}$ C



সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত C_2 ও C_3 এই দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V' হলে,

$Q = C_P V'$

$\therefore V' = \frac{Q}{C_P} = \frac{2.5 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-6}} = 5$ V

এখন, $Q_2 = C_2 V' = 3 \times 10^{-6} \times 5$ C $= 1.5 \times 10^{-5}$ C **(Ans.)**

ঘ এখানে,

$C_1 = 5\mu F = 5 \times 10^{-6}$ F

$C_2 = 3\mu F = 3 \times 10^{-6}$ F

$C_3 = 2\mu F = 2 \times 10^{-6}$ F

বিভব পার্থক্য, $V = 10$ V

'গ' হতে প্রাপ্ত বর্তনীটির তুল্য ধারকত্ব, $C_S = 2.5 \times 10^{-6}$ F

$\therefore$ ১ম ক্ষেত্রে, বর্তনীতে সঞ্চিত শক্তি, $W_1 = \frac{1}{2} C_S V^2$

$= \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-6} \times (10)^2$

$= 1.25 \times 10^{-4}$ J

বর্তনীর C_2 ও C_3 কে শ্রেণীতে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব C'_S হলে,

$\frac{1}{C'_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

বা, $\frac{1}{C'_S} = \frac{1}{5 \times 10^{-6}} + \frac{1}{3 \times 10^{-6}} + \frac{1}{2 \times 10^{-6}}$

বা, $\frac{1}{C'_S} = \frac{31}{30 \times 10^{-6}}$

বা, $C'_S = \frac{30 \times 10^{-6}}{31}$

$\therefore C'_S = 0.9677 \times 10^{-6}$ F

$\therefore$ ২য় ক্ষেত্রে বর্তনীতে সঞ্চিত শক্তি, $W_2 = \frac{1}{2} C'_S V^2$

$= \frac{1}{2} \times 0.9677 \times 10^{-6} \times (10)^2$

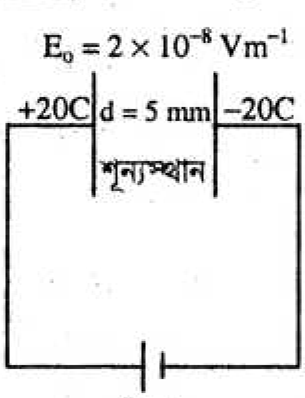
$= 4.8387 \times 10^{-5}$ J

এখানে, 4.8387×10^{-5} J $< 1.25 \times 10^{-4}$ J

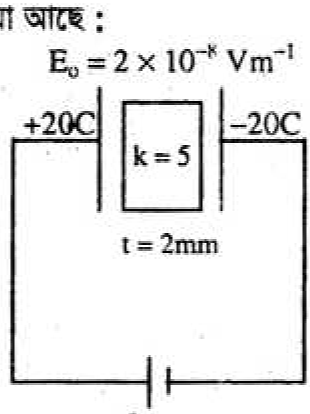
অর্থাৎ, ২য় ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ কম হবে।

সুতরাং বর্তনীর C_2 ও C_3 কে শ্রেণীতে যুক্ত করলে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বাড়বে না, বরং কমবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ নিচের চিত্রে দুটি ধারক দেওয়া আছে :



চিত্র-১



চিত্র-২

[রা. বো. ২০১৫]

ক. p-টাইপ অর্ধপরিবাহী কী? ১

খ. ডায়াচৌম্বক পদার্থে চৌম্বক মোমেন্ট থাকে না কেন? ২

গ. চিত্র-১ এ ধারকত্ব কত? ৩

ঘ. চিত্র-২ এ (k = 5) পরাবৈদ্যুতিক পদার্থ স্থাপন করা হলে ধারকটির ধারকত্বের কীরূপ পরিবর্তন হবে গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে দেখাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিশুদ্ধ সিলিকন বা জার্মেনিয়াম কেলাসের ভেতর ত্রিযোজী পদার্থ যেমন অ্যালুমিনিয়াম বা গ্যালিয়ামের পরমাণু সুনিয়ন্ত্রিত ভাবে মেশালে যে অর্ধপরিবাহী পদার্থ উৎপন্ন হয় তাকে p-টাইপ অর্ধপরিবাহী বলে।

খ ডায়াচৌম্বক পদার্থের প্রতিটি পরমাণু বা অণুতে ঘড়ি সমাবর্তী দিকে যে কয়টি ইলেকট্রন ঘূর্ণনরত থাকে, ঘড়ি-বিসমাবর্তী দিকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন ঘূর্ণনরত থাকে। এতে নেট চৌম্বক মোমেন্ট শূন্য হয় বলেই ডায়াচৌম্বক পদার্থে চৌম্বক মোমেন্ট থাকে না।

গ দেওয়া আছে, তড়িৎক্ষেত্র, $E_o = 2 \times 10^{-8}$ Vm^{-1}

প্রতিটি পাতে চার্জ, $Q = 20$C

পাতদ্বয়ের দূরত্ব, $d = 5$mm $= 5 \times 10^{-3}$m

বের করতে হবে, ধারকত্ব, $C_o = ?$

আমরা জানি, $Q = C_o V_o = C_o E_o d \quad \left[\because E = \frac{V}{d}\right]$

$\therefore C_o = \frac{Q}{E_o d} = \frac{20C}{2 \times 10^{-8} \text{ Vm}^{-1} \times 5 \times 10^{-3}\text{m}} = 2 \times 10^{11}$F **(Ans.)**

ঘ এক্ষেত্রে ধনাত্মক পাত থেকে ঋণাত্মক পাতে গমনের সময় বলরেখাসমূহ t = 2mm পথ K = 5 পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমের মধ্যদিয়ে যায়।

মনে করি, পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম স্থাপন করার পূর্বে ধারকত্ব, বিভব ও তড়িৎ ক্ষেত্র ছিল, C_o, V_o ও E_o।

K = 5 এর মধ্যে তড়িৎক্ষেত্র হবে $E = \frac{E_o}{K}$

$\therefore V = E_o(d - t) + Et$

বা, $V = E_o(d - t) + \frac{E_o}{K} t$

$= E_o d - \left[t - \frac{t}{K}\right] E_o$

$= E_o d - \left(1 - \frac{1}{K}\right) t E_o$

$= E_o d \left\{1 - \left(1 - \frac{1}{K}\right) \frac{t}{d}\right\}$

$= V_o \left\{1 - \left(1 - \frac{1}{K}\right) \frac{t}{d}\right\}$

$\therefore$ বর্তমান ধারকত্ব, $C = \frac{Q}{V}$

বা, $C = \frac{Q}{V_o} \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{K}\right)\frac{t}{d}}$

বা, $C = C_o \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{5}\right)\frac{2}{5}}$

বা, $C = \frac{25}{17} C_o = 1.47 C_o$

অতএব, এক্ষেত্রে ধারকত্ব পূর্বের 1.47 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬ একটি সমান্তরাল পাত ধারকের প্রত্যেকটি পাতের ক্ষেত্রফল 1.65 m^2। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 cm এবং এটি বায়ু দ্বারা পূর্ণ। পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য 60 V। ($\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}$)

[দি. বো. ২০১৭]

ক. তড়িৎ ধারকত্ব কী? ১

খ. চার্জের কোয়ান্টায়ন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ধারকটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.8 ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সঞ্চিত শক্তির কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহী বা ধারকের বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পরিবাহী বা ধারকের তড়িৎ ধারকত্ব বলে।

খ চার্জেরও একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান আছে– যা অপেক্ষা কম মানের চার্জ পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোনো চার্জিত বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম চার্জের অখণ্ড গুণিতক একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। চার্জ এক স্থান থেকে আর এক স্থানে গমনের ক্ষেত্রেও ঐ ন্যূনতম মানের অখণ্ড গুণিতক হিসেবেই গমন করে, ঐ ন্যূনতম চার্জকে e দ্বারা প্রকাশ করা হলে কোনো বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ $+10\,e$ বা $-7\,e$ হতে পারে কিন্তু $+5.32\,e$ হতে পারে না।

গ দেওয়া আছে,

ধারকের প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 1.65 m^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2cm = 0.02m$
শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}$
ধারকত্ব, $C = ?$

আমরা জানি,
বায়ু বা শূন্য মাধ্যমে সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 1 \times 1.65}{0.02} = 7.3 \times 10^{-10} F \text{ (Ans)}$$

ঘ দেওয়া আছে, ধারকের পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, $V = 60V$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থান বায়ুপূর্ণ অবস্থায়
ধারকের ধারকত্ব, $C = 7.3 \times 10^{-10} F$; [(গ) হতে প্রাপ্ত]
ধারকের সঞ্চিত শক্তি $U = ?$

আমরা জানি,

ধারকের সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2} CV^2$
$$= \frac{1}{2} \times 7.3 \times 10^{-10} \times (60)^2 J$$
$$= 1.314 \times 10^{-6} J$$

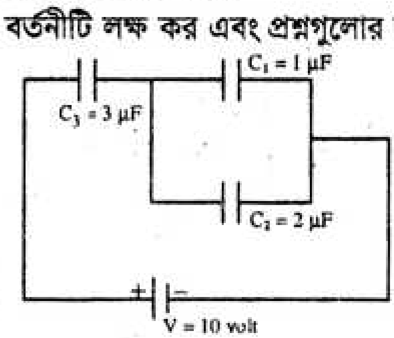
ধারকটির মধ্যবর্তী স্থানে $K = 2.8$ ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের মাধ্যম দ্বারা পূর্ণ করা হয়, তবে ধারকটিতে সঞ্চিত শক্তি,

$$U' = \frac{1}{2} C'V^2$$
$$= \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 KA}{d} V^2 = \frac{1}{2} CKV^2$$
$$= U \times K = 1.314 \times 10^{-6} J \times 2.8$$

∴ ধারকটির মধ্যবর্তী স্থান 2.8 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সঞ্চিত শক্তি হতে পূর্বের সঞ্চিত শক্তির 2.8 গুণ হবে। অর্থাৎ পরিবর্তীত শক্তি হবে

$$U' = = 3.6792 \times 10^{-6} J$$

প্রশ্ন ▶ ৭ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



/দি. বো. ২০১৬/

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কী? ১
খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 15 V বলতে কি বুঝায়? ২
গ. বর্তনীটির তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. বর্তনীটির সকল ধারককে সমান্তরালে সংযোগ করলে প্রাপ্ত সঞ্চিত শক্তি, প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা বেশি না কম হবে– গাণিতিক যুক্তি দ্বারা দেখাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি নির্দিষ্ট বিন্দু চার্জ একই নির্দিষ্ট দূরত্বে থাকলে শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে তাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল এবং একই দূরত্বে অন্য কোনো মাধ্যমে তাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 15 V বলতে বুঝায়, অসীম থেকে প্রতি কুলম্ব ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে আনতে 15 J কাজ সম্পন্ন হয়।

গ এখানে,

$C_1 = 1\,\mu F$
$C_2 = 2\,\mu F$
$C_3 = 3\,\mu F$

উদ্দীপকের চিত্রে, C_1 এবং C_2 ধারকদ্বয় সমান্তরালে থাকায় এদের তুল্যধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2$$
$$= 1\,\mu F + 2\,\mu F = 3\,\mu F$$

আবার,
C_2 ধারক, C_p এর সাথে শ্রেণীতে থাকায় এদের তুল্য ধারকত্ব Cs হলে,

$$\frac{1}{Cs} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_P}$$
$$= \frac{1}{3\,\mu F} + \frac{1}{3\,\mu F} = \frac{2}{3\,\mu F}$$
$$\therefore Cs = 1.5\,\mu F$$

∴ বর্তনীটির তুল্য ধারকত্ব $1.5\mu F$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,

প্রদত্ত বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব, $C = 1.5uF$
$= 1.5 \times 10^{-6} F$
বর্তনীর বিভব, $V = 10\ V$

∴ প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2} CV^2$
$$= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 10^{-6} F \times (10\ V)^2$$
$$= 7.5 \times 10^{-5} J$$

আবার, C_1, C_2 এবং C_3 ধারকগুলোকে সমান্তরালে সংযোগ করলে এদের তুল্য ধারকত্ব C' হলে,

$$C' = C_1 + C_2 + C_3$$
$$= 1\,\mu F + 2\,\mu F + 3\,\mu F$$
$$= 6\,\mu F$$
$$= 6 \times 10^{-6} F$$

∴ ধারকগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি,

$$U' = \frac{1}{2} C'V^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} F \times (10\ V)^2$$
$$= 3 \times 10^{-4} J$$

যেহেতু, $U' > U$
অতএব, বর্তনীটির সকল ধারককে সমান্তরালে সংযোগ করলে প্রাপ্ত সঞ্চিত শক্তি, প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮ নূহার নিকট ধাতুর দুই জোড়া পাতলা পাত আছে। এক জোড়া পাতের ক্ষেত্রফল অপর জোড়ার অর্ধেক। সে দুটি পাতের মধ্যে বায়ু রেখে প্রত্যেক জোড়া পাত দিয়ে একটি করে সমান্তরাল পাত ধারক তৈরি করতে চায়। নূর বলল, পাতগুলো যেভাবেই বসানো হোক না কেন ধারক দুটির ধারকত্ব কখনোই সমান হবে না। প্রথম ধারকের প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল $8\ cm^2$। /দি. বো. ২০১৬/

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর। ১
খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. প্রথম ধারকে 40C চার্জ দেয়া হল। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্য কত হবে? নির্ণয় কর। ৩

ঘ. নূহা ধারকের পাতগুলি কীভাবে স্থাপন করলে প্রমাণ করতে পারবে যে, নূরের উক্তি সঠিক নয় — গাণিতিক ব্যাখ্যা দিয়ে বুঝিয়ে দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোন বন্ধ কল্পিত তলের মধ্য দিয়ে গমনকারী তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের $\frac{1}{\epsilon_0}$ গুণের সমান হবে।

খ গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon r$

অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

প্রথম ধারকের প্রতি পাতে চার্জ, $q = 40\ C$

প্রতি পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 8\ cm^2 = 8 \times 10^{-4} m^2$

বায়ু মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

বের করতে হবে, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্য, $E = ?$

আমরা জানি, $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

σ = চার্জের তল ঘনত্ব $= \frac{q}{A} = \frac{40C}{8 \times 10^{-4} m^2} = 5 \times 10^4 Cm^{-2}$

$$\therefore\ E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{5 \times 10^4\ Cm^{-2}}{8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}}$$
$$= 5.647 \times 10^{15}\ NC^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ প্রথম ও দ্বিতীয় ধারকের ক্ষেত্রফল যথাক্রমে A_1 ও A_2 হলে,

$$A_2 = \frac{A_1}{2}$$

প্রথম ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = \frac{\epsilon_0 A_1}{d_1}$

$C_1 = C_2$ হতে হলে,

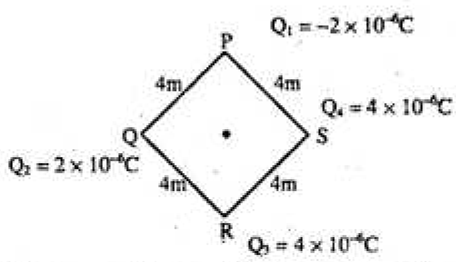
$$\frac{\epsilon_0 A_1}{d_1} = \frac{\epsilon_0 A_2}{d_2}$$

বা, $\frac{d_2}{d_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\frac{1}{2}A_1}{A_1} = \frac{1}{2}$

বা, $d_2 = \frac{d_1}{2}$

সুতরাং যে ধারকের ক্ষেত্রফল কম, সে ধারকের ক্ষেত্রে পাতদ্বয়ের দূরত্ব অপর ধারকের তুলনায় অর্ধেক হতে হবে। তাহলেই ধারকদ্বয়ের ধারকত্ব সমান হবে। সেক্ষেত্রে নূরের উক্তি সঠিক হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৯



চিত্রে প্রদর্শিত উলম্বতলে রক্ষিত বর্গাকার ক্ষেত্রের চার কৌণিক বিন্দুতে চারটি চার্জ স্থাপন করা হলো। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে $2 \times 10^{-6}C$ মানের চার্জযুক্ত $2.5 \times 10^{-4}kg$ ভরের একটি বস্তু শূন্যে স্থাপন করা হয়। ($g = 10ms^{-2}$) [কু. বো. ২০১৭]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল কী নির্দেশ করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে নতুন চার্জটি বসানোর পূর্বে বিভবের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে কৌণিক বিন্দুগুলোর চার্জসমূহ পুনর্বিন্যস্ত করে কেন্দ্রের চার্জিত বস্তুটিকে ভাসমান রাখা সম্ভব-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুর যেকোনো একটি চার্জ এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

খ কোনো গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ r এবং ধারকত্ব C হলে, $C = 4\pi\epsilon_0 r$ ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল হয় $4\pi\epsilon_0$ যা নির্দিষ্ট মাধ্যমের জন্য একটি ধ্রুবক।

গ বর্গক্ষেত্রের কর্ণের দৈর্ঘ্য, $PR = SQ = \sqrt{2} \times 4m$
$= 5.656\ m$

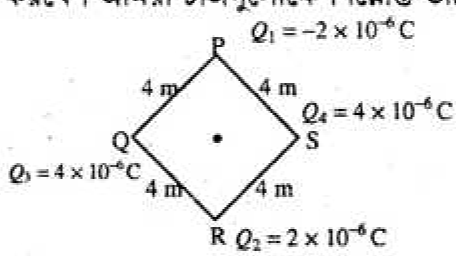
যে কোনো কৌণিক বিন্দু হতে কেন্দ্রের দূরত্ব, $r = 2.828m$

কেন্দ্রে বিভব, $V = ?$

জানা আছে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{r} + \frac{Q_3}{r} + \frac{Q_4}{r}\right)$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{1}{2.828}(-2 + 2 + 4 + 4) \times 10^{-6}$$
$$= 25.46\ kV\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে $2 \times 10^{-6}\ C$ চার্জযুক্ত $2.5 \times 10^{-4}\ kg$ ভরের একটি স্থাপন করে বস্তুটি স্থির রাখতে হলে বর্গক্ষেত্রের কৌণিক বিন্দুগুলোতে অবস্থিত চার্জগুলোকে এমনভাবে সাজাতে হবে যেন কেন্দ্রে স্থাপিত চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল বলগুলোর লব্ধি শূন্য হয়। বস্তুটির ওজন নিচের দিকে ক্রিয়া করবে। আমরা চার্জগুলোকে নিম্নোক্ত ভাবে সাজাতে পারি।



এক্ষেত্রে Q ও S বিন্দুতে স্থাপিত চার্জদ্বয় কর্তৃক কেন্দ্রে স্থাপিত চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বল সমান কিন্তু বিপরীত হওয়ায় পরস্পরকে নাকচ করবে। আবার P ও R বিন্দুতে স্থাপিত চার্জদ্বয়ের প্রত্যেকটি কর্তৃক কেন্দ্রের চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলের মান

$$F_1 = F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}\ C \times 2 \times 10^{-6}\ C}{(2.828\ m)^2}$$
$$= 4.5 \times 10^{-3}\ N$$

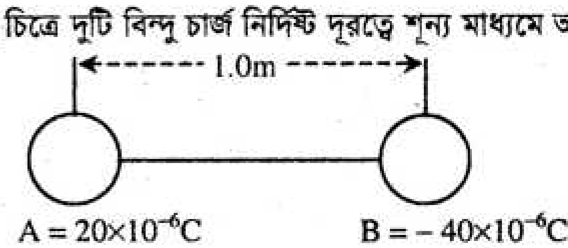
উভয় বলই উপরের দিকে ক্রিয়া করবে। সুতরাং উপরের দিকে লব্ধি তাড়িত বল, $F = 2 \times 4.5 \times 10^{-3}\ N = 9 \times 10^{-3}\ N$

এখন বস্তুটির ওজন যদি তাড়িৎ বলের সমান হয় তবে বস্তুটি স্থির থাকবে। বস্তুটির ওজন,

$$F = mg$$
$$= 2.5 \times 10^{-4} \times 10$$
$$= 2.5 \times 10^{-3}\ N$$

এখানে, নিম্নমুখী বল বা বস্তুর ওজন অপেক্ষা ঊর্ধ্বমুখী তাড়িত বল বড়। সুতরাং এটি নিচের দিকে পড়বে না। উপরের দিকে গতিশীল হবে।

প্রশ্ন ▶ ১০ চিত্রে দুটি বিন্দু চার্জ নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্য মাধ্যমে আছে।



[চ. বো. ২০১৭]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চার্জ দুটির মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্ব বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখার উপর কোনো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক প্রাবল্য শূন্য হওয়া সম্ভব কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ সুবিধাজনক নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে ভেজাল হিসেবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপায়ন বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ দেওয়া আছে,

A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 20 \times 10^{-6}C$

B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = -40 \times 10^{-6}C$ A ও B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 1m$

A ও B এর মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

আমরা জানি,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2} \times \frac{20 \times 10^{-6} N.m^2.C^{-2} \times (-40 \times 10^{-6})C}{(1m)^2}$$

$$= -7.2 \text{ N } \textbf{(Ans.)}$$

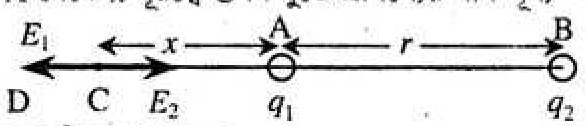
যেহেতু চার্জদ্বয় বিপরীত ধর্মী তাই এরা পরস্পরকে আকর্ষণ করবে। সুতরাং চার্জদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বল 7.2 N।

ঘ আমরা জানি, দুটি চার্জের মান অসমান বিপরীত ধর্মী হলে সাম্য বিন্দুর (যে বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য) অবস্থান হবে চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখা বরাবর বাইরে যে চার্জের মান ছোট সেটির পাশে।

এখানে, A বিন্দুতে চার্জ, $q_1 = 20 \times 10^{-6}$ C

B বিন্দুতে চার্জ, $q_2 = -40 \times 10^{-6}$ Cচার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 1$ m

ধরা যাক, A থেকে x দূরত্বে C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য



q_1 এর জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{x^2}$$

এর দিক CD বরাবর। Q_2 এর জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{(r+x)^2}$$

এর দিক CA বরাবর। E_1 ও E_2 এর দিক বিপরীত। সুতরাং এদের মান সমান হলে প্রাবল্য শূন্য হবে। সুতরাং

$$E_1 = E_2$$

বা, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{x^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{(r+x)^2}$

বা, $\frac{20 \times 10^{-6} \text{ C}}{x^2} = \frac{40 \times 10^{-6} \text{ C}}{(1 \text{ m} + x)^2}$

বা, $\frac{1}{x} = \frac{\sqrt{2}}{1 \text{ m} + x}$

বা, $1 \text{ m} + x = \sqrt{2}x$

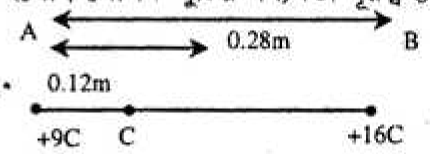
বা, $x(\sqrt{2} - 1) = 1$ m

বা, $x = \frac{1}{\sqrt{2}-1}\text{ m} = \frac{\sqrt{2}+1}{(\sqrt{2}-1)(\sqrt{2}+1)}\text{ m}$

$\therefore x = (\sqrt{2} + 1) \text{ m} = (1.41 + 1) \text{ m} = 2.41 \text{ m}$

q_1 এর বামদিকে 2.41 m দূরত্বে প্রাবল্যের মান শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ১১ দুটি ক্ষুদ্র গোলক A ও B তে যথাক্রমে +9C এবং + 16C চার্জ প্রদান করা হলো। গোলক দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.28m।



[সি. বো. ২০১৭]

ক. পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম কী? ১

খ. কোনো ধারকের গায়ে 0.06μF – 210V লেখা আছে। কথাটির অর্থ কী? ২

গ. A এর উপর B এর বল কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের C বিন্দুতে 1C চার্জ রাখলে চার্জটি কোনো বল অনুভব করবে কি?— গাণিতিক যুক্তি দিয়ে মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রভাবে যে সকল মাধ্যমের প্রতিটি পরমাণু এক একটি তড়িৎ দ্বিমেরুতে পরিণত হয় তাকে বলা হয় পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম।

খ কোনো ধারকের গায়ে 0.06 μF – 210 V লেখার অর্থ-ধারকটির 1V বিভব বৃদ্ধি করতে 0.06μC চার্জ প্রয়োজন এবং ধারকটিতে সর্বোচ্চ 210V ডিসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা যায়।

গ দেওয়া আছে,

A বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_1 = +9C$

B বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_2 = +16C$মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 0.28m$

জানা আছে, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2}$

বের করতে হবে, A এর উপর B এর বল, $F = ?$

আমরা জানি,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2} \times \frac{9 \text{ C} \times 16 \text{ C}}{(0.28 \text{ m})^2}$$

$$= 1.65 \times 10^{13} \text{ N } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

A বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_1 = +9$ CB বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_2 = +16$ C

A হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_1 = 0.12$ m

B হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_2 = 0.28 - 0.12 = 0.16$ m

জানা আছে, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$

A বিন্দুতে স্থাপিত +9 C চার্জের জন্য C বিন্দুতে 1 C চার্জের উপর বল,

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 \times 1 \text{ C}}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2} \times \frac{9 \text{ C} \times 1 \text{ C}}{(0.12 \text{ m})^2}$$

$$= 5.625 \times 10^{12} \text{ N}$$

এর দিক হবে CB এর দিকে। আবার, B বিন্দুতে স্থাপিত + 16 C চার্জের জন্য C বিন্দুতে 1 C চার্জের উপর বল,

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_2 \times 1 \text{ C}}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2} \times \frac{16 \text{ C} \times 1 \text{ C}}{(0.16 \text{ m})^2}$$

$$= 5.625 \times 10^{12} \text{ N}$$

এর দিক হবে CA এর দিকে। অর্থাৎ C বিন্দুতে স্থাপিত 1 C চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলদ্বয়ের দিক পরস্পর বিপরীত।

সুতরাং C বিন্দুতে স্থাপিত 1 C চার্জের উপর নিট বল,

$$F = F_1 - F_2$$
$$= 5.625 \times 10^{12}\ N - 5.625 \times 10^{12}\ N = 0$$

অতএব, 1C চার্জটি কোন বল অনুভব করবে না।

প্রশ্ন ▶ ১২ ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজ যার প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য 3 মিটার। প্রথমে A বিন্দুতে 250 কুলম্ব চার্জ রাখা হলো। পরবর্তীতে B বিন্দুতে −250 কুলম্ব চার্জ রাখা হলো। *[সি. বো. ২০১৫]*

ক. কার্নো চক্র কী? ১

খ. রূদ্ধতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. প্রথম ক্ষেত্রে C বিন্দুতে বিভব কত হবে? ৩

ঘ. B বিন্দুতে চার্জ রাখার পূর্বে ও পরে C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের কীরূপ পরিবর্তন হবে তার গাণিতিক প্রমাণ দাও। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফরাসী বিজ্ঞানী সাদি কার্নো সকল দোষ-ত্রুটি মুক্ত একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা করেন। এ ইঞ্জিনে চার ঘাত বিশিষ্ট যে চক্রের মাধ্যমে কার্য সম্পাদন হয় তাকে কার্নো চক্র বলে।

খ যেকোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ায়, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,

$0 = \Delta U + W$

$\therefore \Delta U = -W$

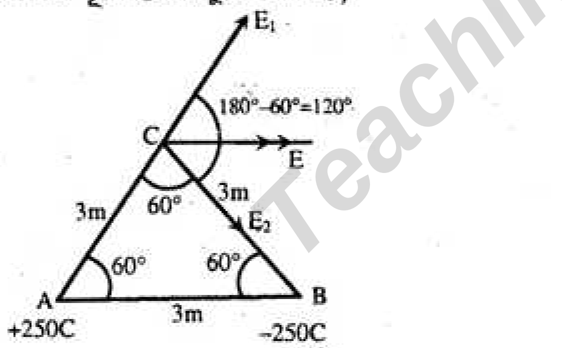
সংকোচনের ক্ষেত্রে সিস্টেমের উপর কাজ করা হয়। সিস্টেমের উপর কাজ করা হলে W ঋণাত্মক হয়। সুতরাং রূদ্ধতাপীয় সংকোচনে অখণ্ড শক্তির পরিবর্তন ΔU ধনাত্মক হয়। একারণেই রূদ্ধতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ প্রথম ক্ষেত্রে ΔABC এর কেবল A বিন্দুতে $q_1 = 250C$ চার্জ বিদ্যমান।

$\therefore$ C বিন্দুতে বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{AC} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2} \times \frac{250C}{3m}$

$= 7.5 \times 10^{11}$ volt **(Ans.)**

ঘ B বিন্দুতে চার্জ রাখার পূর্বে C বিন্দুতে প্রাবল্য,



$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{AC^2} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2} \times \frac{250C}{(3m)^2} = 2.5 \times 10^{11} NC^{-1}$$

B বিন্দুতে চার্জ রাখার পর এ চার্জের দরুন C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{BC^2} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2} \times \frac{-250C}{(3m)^2} = -2.5 \times 10^{11}\ NC^{-1}$$

(−) চিহ্ন দ্বারা আকর্ষণধর্মী প্রাবল্য বোঝায়।

চিত্র হতে স্পষ্টতঃ যে, $\vec{E_1}$ ও $\vec{E_2}$ এর মধ্যকার কোণ,

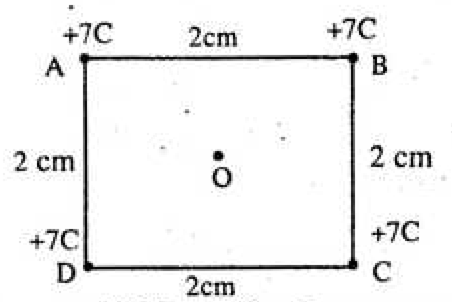
$\theta = 180° - 60° = 120°$

$\therefore$ B বিন্দুতে চার্জ রাখার পর C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য,

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2|E_1||E_2| \cos 120°}$$
$$= 2.5 \times 10^{11} NC^{-1} \sqrt{1 + 1 + 2 \times \left(-\frac{1}{2}\right)}$$
$$= 2.5 \times 10^{11}\ NC^{-1}$$

সুতরাং B বিন্দুতে চার্জ রাখার পর C বিন্দুতে প্রাবল্যের মানের পরিবর্তন হবে না, তবে প্রাবল্যের দিকের পরিবর্তন হবে। পূর্বে প্রাবল্য ছিল AC বরাবর, পরে প্রাবল্য হবে AB এর সমান্তরালে ($\vec{E_1}$ ও $\vec{E_2}$ এর এর মান সমান হওয়ায়)

প্রশ্ন ▶ ১৩



কেন্দ্র O এবং 2cm বাহুবিশিষ্ট একটি বর্গক্ষেত্র ABCD। বর্গক্ষেত্রটির প্রত্যেক বিন্দু A, B, C ও D তে +7C চার্জ আছে। *[য. বো. ২০১৭]*

ক. তড়িৎ দ্বি-মেরু কাকে বলে? ১

খ. দশ ইলেকট্রন ভোল্ট বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের O বিন্দুতে প্রাবল্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ABCD বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্রে বিভব শূন্য পাওয়ার জন্য B বিন্দুতে চার্জের কী পরিবর্তন দরকার—বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ 10V বিভব পার্থক্যের কোন ক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রন যে শক্তি লাভ করে তাই 10 eV। অথবা, 10eV বিভব পার্থক্য বিশিষ্ট দুইটি বিন্দুর একটি থেকে অন্যটিতে একটি ইলেকট্রনকে সরাতে যে শক্তি প্রয়োজন তাই 10 eV।

গ দেওয়া আছে,

A, B, C, D বিন্দুতে স্থাপিত চার্জের মান, $q = +7\ C$

A, B, C, D থেকে O বিন্দুর দূরত্ব $= \frac{2\sqrt{2}}{2}$ cm

$= \sqrt{2} \times 10^{-2}$ cm

A বিন্দুর জন্য O বিন্দুতে প্রাবল্যের মান,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{7}{(\sqrt{2} \times 10^{-2})^2}\ N.C^{-1}$$
$$= 3.15 \times 10^{14}\ N.C^{-1}$$

অনুরূপভাবে B বিন্দুর জন্য $\vec{E_2} = 3.15 \times 10^{14}\ NC^{-1}$

C বিন্দুর জন্য $\vec{E_3} = 3.15 \times 10^{14}\ NC^{-1}$

D বিন্দুর জন্য $\vec{E_4} = 3.15 \times 10^{14}\ NC^{-1}$

E_1 ও E_3 এর মান সমান কিন্তু দিক বিপরীত তাই এর পরস্পরকে প্রশমিত করবে আবার E_2 ও E_4 এর মান সমান কিন্তু দিক বিপরীত তাই এরও পরস্পরকে প্রশমিত করবে। সুতরাং, A, B, C ও D বিন্দুর চার্জের জন্য O বিন্দুতে প্রাবল্য $0\ N.C^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক থেকে পাই,

A, B, C, D বিনুতে স্থাপিত চার্জ, $q = +7C$

A, B, C, D থেকে 0 বিন্দুর দূরত্ব, $r = \sqrt{2} \times 10^{-2}$ m

মনে করি, B বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, Q হলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য হয়।

শর্তমতে,

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q}{r} + \frac{Q}{r} + \frac{q}{r} + \frac{q}{r}\right) = 0$$

বা, $(q + Q + q + q) = 0$

বা, $Q = -3q = -3 \times 7\ C$

$= -21\ C$

$\therefore$ B বিন্দুতে চার্জের পরিবর্তন $= (-21 - 7)C = -28C$

অর্থাৎ B বিন্দুতে অতিরিক্ত −28 C মানের চার্জ স্থাপন করলে কেন্দ্রে বিভব শূণ্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৪ পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরীতে একজন ছাত্র 0.2m ও 0.3m ব্যাসার্ধের দুটি গোলককে চার্জিত করে, গোলক দুটির বিভব যথাক্রমে 5V ও 10V-এ উন্নীত করে পরস্পর হতে 1m দূরত্বে স্থাপন করল। *[য. বো. ২০১৬]*

ক. তড়িচ্চালক শক্তির সংজ্ঞা দাও। ১

খ. পরিবাহীর ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম গোলকের চার্জের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গোলকদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখার কোথায় প্রাবল্যের মান শূন্য হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতি একক আধানকে কোষ সমেত কোন বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ সম্পন্ন হয় অর্থাৎ কোষ যে তড়িৎ শক্তি সরবরাহ করে তাকে ঐ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ এখানে,

প্রথম গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.2$ m

প্রথম গোলকের বিভব, $V_1 = 5V$

গোলকটির চার্জ, $q_1 = ?$

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

আমরা জানি, গোলকের বিভব

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r_1}$$

$$\text{বা, } q_1 = \frac{V_1 r_1}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}} = \frac{(5V)\times(0.2\ m)}{(9\times10^9\ Nm^2C^{-2})}$$

$$= 1.11 \times 10^{-10}C\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ এখানে,

দ্বিতীয় গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 0.3$ m

দ্বিতীয় গোলকের বিভব, $V_2 = 10$ V

গোলকটির চার্জ, $q_2 = ?$

আমরা জানি,

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{r_2}$$

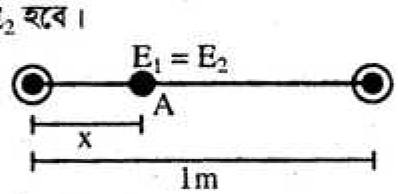
$$\text{বা, } q_2 = \frac{V_2 r_2}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}} = \frac{(10\ V)\times(0.3\ m)}{(9\times10^9\ Nm^2C^{-2})}$$

$$= 3.33 \times 10^{-10}\ C$$

ধরি,

প্রথম গোলক হতে x দূরত্বে A বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হবে।

অর্থাৎ, $E_1 = E_2$ হবে।



এখানে, $E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{x^2}$

$$\text{বা, } E_1 = (9\times10^9\ Nm^2C^{-2}) \times \frac{1.11\times10^{-10}C}{x^2}$$

আবার, $E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{(1-x)^2}$

$$\text{বা, } E_2 = (9\times10^9\ Nm^2C^{-2}) \times \frac{(3.33\times10^{-10}C)}{(1-x)^2}$$

এখন, $E_1 = E_2$

$$\text{বা, } \frac{1.11\times10^{-10}C}{x^2} = \frac{(3.33\times10^{-10}C)}{(1-x)^2}$$

$$\text{বা, } \frac{(1-x)^2}{x^2} = \frac{3.33\times10^{-10}C}{1.11\times10^{-10}C}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{1-x}{x}\right)^2 = 3$$

$$\text{বা, } \frac{1-x}{x} = \sqrt{3}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{x} - 1 = \sqrt{3}$$

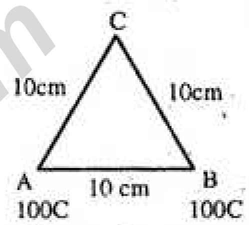
$$\text{বা, } \frac{1}{x} = \sqrt{3} + 1$$

$$\text{বা, } x = \frac{1}{\sqrt{3}+1}$$

$$= 0.37\ m$$

অর্থাৎ, প্রথম গোলকটি থেকে 0.37 m দূরত্বে প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫



ওপরের চিত্রে A ও B উভয় বিন্দুতেই 100C চার্জ দেয়া আছে।

[দি. বো. ২০১৫]

ক. অতি পরিবাহিতা কী? ১

খ. রোধের উষ্ণতা সহগ বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 'C' বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্যের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'C' বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্যের দিক কোন দিকে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অত্যাধিক নিম্ন তাপমাত্রায় কিছু কিছু ধাতুর মধ্য দিয়ে অল্প বিভব পার্থক্য প্রয়োগেই প্রচণ্ড মানের তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে। এ ধর্মকে অতি পরিবাহিতা বলে।

খ 0°C তাপমাত্রায় থাকা 1Ω রোধবিশিষ্ট কোনো একটি পরিবাহীর রোধ 1°C বৃদ্ধি করলে এর রোধ যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তাকে রোধের উষ্ণতা সহগ বলে।

যেমন, কোনো একটি ধাতুর রোধের উষ্ণতা সহগ 0.005 (°C) বলতে বুঝায়, 0°C তাপমাত্রায় ঐ ধাতুর তৈরি 1Ω রোধের একটি খণ্ড নিয়ে এর তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করলে খণ্ডটির রোধ 0.005Ω পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।

গ A বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r^2} = 9\times10^9\ Nm^2C^{-2} \times \frac{100C}{(0.1m)^2} = 9\times10^{13}N$$

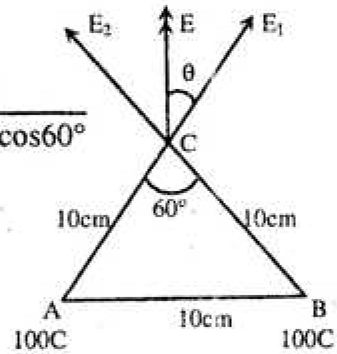
B বিন্দুতেও 100C চার্জ থাকায় এ চার্জের দরুন C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান,

$E_2 = 9\times10^{13}N$

$\vec{E_1}$ ও $\vec{E_2}$ এর মধ্যকার কোণ 60° হওয়ায় C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের মান, $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos60°}$

$$= 9\times10^{13}N\sqrt{1+1+2\times\frac{1}{2}} = 15.59\times10^{13}N\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য $\vec{E_1}$ এর দিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,



$$\tan\theta = \frac{|\vec{E_2}|\sin 60°}{|\vec{E_1}| + |\vec{E_2}|\cos 60°}$$

$$= \frac{(9\times10^{13}N)\sin 60°}{(9\times10^{13}N) + (9\times10^{13}N)\cos 60°}$$

$$= \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{1+\frac{1}{2}} = 0.5773$$

$\therefore\ \theta = \tan^{-1}(0.5773) = 30°$

$60° - 30° = 30°$

সুতরাং লব্ধি প্রাবল্য, $\vec{E_1}$ ও $\vec{E_2}$ উভয়ের সাথে সমান কোণ উৎপন্ন করে। তাই C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের দিক হবে C হতে AB এর ওপর লম্বের বিপরীত দিকে।

প্রশ্ন ▶ ১৬ উদ্দীপকে $Q_1 = -4.5nC$ এবং $Q_2 = +9.1nC$, চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 40cm।



[ব. বো. ২০১৭]

ক. তরঙ্গের সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. কোনো চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম বিভব লেখচিত্র আঁক ও ব্যাখ্যা কর। ২

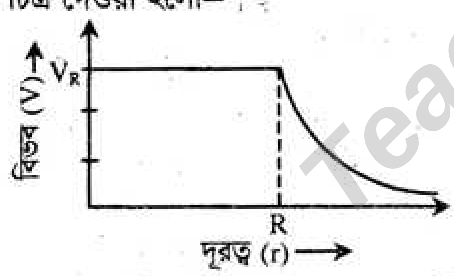
গ. চার্জদ্বয়ের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য কত হবে? ৩

ঘ. চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার কোন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলো কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমনের পর আলোক তরঙ্গের কম্পন একটি নির্দিষ্ট দিকে বা তলে সীমাবদ্ধ থাকার ঘটনাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ নিচে কোনো চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম বিভব-এর লেখ চিত্র দেওয়া হলো—



আমরা জানি, R ব্যাসার্ধের চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে যেকোনো বিন্দুতে বিভব গোলকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর বিভবের (V_R) সমান। অর্থাৎ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = V_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R}\quad [\text{শূন্য মাধ্যম}]$$

এখানে, q = গোলক পৃষ্ঠের চার্জ

V_R = গোলক পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে বিভব

R = গোলকের ব্যাসার্ধ

ϵ_0 = শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদন যোগ্যতা

আবার, গোলকের বাইরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$

এখানে, r = কেন্দ্র হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব

অর্থাৎ $V \propto \frac{1}{r}$

সুতরাং কেন্দ্র হতে পৃষ্ঠ পর্যন্ত একটি চার্জিত গোলকের যেকোনো বিন্দুর বিভব সমান বা ধ্রুব কিন্তু পৃষ্ঠ হতে বাইরে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিভব কমতে থাকে অর্থাৎ বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ দেওয়া আছে,

$Q_1 = -4.5\ nC = -4.5\times10^{-9}$

$Q_2 = 9.1nC = 9.1\times10^{-9}C$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, d = 40 cm = 0.4 m

$\therefore$ উভয় চার্জ হতে মধ্য বিন্দুর দূরত্ব, $r = \frac{d}{2} = 0.2m$

চার্জদ্বয়ের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য, E = ?

Q_1 চার্জের দরুন মধ্য বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_1}{r^2}$$

$$= 9\times10^9\times\frac{(4.5\times10^{-9})}{(0.2)^2}$$

$= 1.0125\times10^3\ N.C^{-1}$; E_1 এর দিক হবে Q_1 এর দিকে।

Q_2 চার্জের দরুন মধ্য বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_2}{r^2} = 9\times10^9\times\frac{9.1\times10^{-9}}{(0.2)^2}$$

$= 2.0475\times10^3\ N.C^{-1}$; E_1 এর দিকও হবে Q_1 এর দিকে।

$\therefore$ লব্ধি প্রাবল্য, $E = E_1 + E_2$

$= (1.0125 + 2.0475)\times10^3 N.C^{-1}$

$= 3.06\times10^3\ NC^{-1}$; E এর দিক হবে Q_1 এর দিকে।

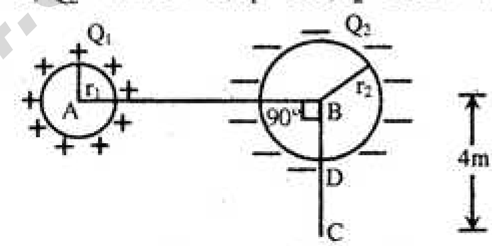
(Ans.)

ঘ ১০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: Q_1 চার্জ থেকে 0.95 m দূরে বামপাশে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ নিচের চিত্রে A ও B কেন্দ্রবিশিষ্ট দুটি গোলক বায়ু মাধ্যমে স্থাপন করা হয়েছে; যেখানে

$Q_1 = 2\times10^{-9}C, Q_2 = 3\times10^{-9}C, r_1 = 1m, r_2 = 2m$ এবং $AB = 4\sqrt{3}$ m



[ব. বো. ২০১৬]

ক. তড়িৎ-চৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের ২য় সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। ১

খ. স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে কাঁচা লোহা ব্যবহার করা হয় না—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে BD এর মধ্যবিন্দুতে মোট তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. C বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে উহা কোনদিকে গতিশীল হবে?—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বদ্ধ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।

খ স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে পদার্থের দুটি বৈশিষ্ট্য বিবেচনা করা হয়: চৌম্বক গ্রাহীতা ও চৌম্বক ধারণক্ষমতা। যেসকল পদার্থের চৌম্বক গ্রাহীতার মান উচ্চ, সাধারণত তাদের ধারণ ক্ষমতা কম হয়। যেমন: একটি কাঁচা লোহার দণ্ডের উপর অন্তরিত তামার তার পেঁচিয়ে তারের দু'প্রান্তের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে দণ্ডটি শক্তিশালী তাড়িচ্চুম্বকে পরিণত হয়। আবার, তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে দিলে সাথে সাথে দণ্ডটির চুম্বকত্ব লোপ পায়। কিন্তু স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে এমন পদার্থ দরকার যার ধারণ ক্ষমতা খুবই উচ্চ। তাই স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে কাঁচা লোহার দণ্ড ব্যবহার করা হয় না।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

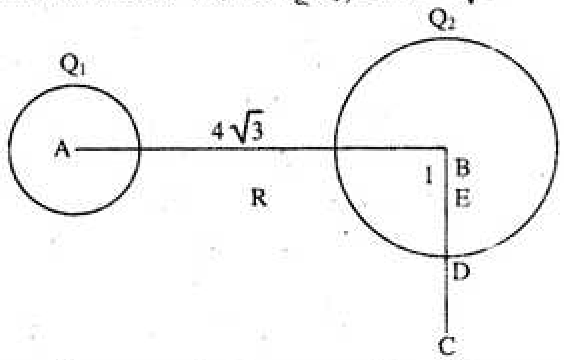
A গোলকের পৃষ্ঠে আধান, $Q_1 = 2\times10^{-9}C$

B গোলকের পৃষ্ঠে আধান, $Q_2 = 3\times10^{-9}C$

A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 1m$

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 2$ m

A ও B গোলকের কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $AB = 4\sqrt{3}$



যেহেতু স্থির তড়িৎক্ষেত্রে গোলকের সকল বিন্দুর বিভব সমান। সেহেতু গোলকের কেন্দ্রের বিভবই মূলত অভ্যন্তরীণ যেকোন বিন্দুর বিভব।

Q_1 এর জন্য B বিন্দুতে বিভব, $V_{AB} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_1}{AB}$

বা, $V_{AB} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{4\sqrt{3}}$

$= 2.6$ volts

আবার, Q_2 এর জন্য B বিন্দুর বিভব, $V_{BB} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_2}{r_2}$

বা, $V_{BB} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-9}}{2}$

$\therefore V_{BB} = 13.5$ volts

$\therefore$ B বিন্দুর বিভব V_B হলে, $\mathbf{V_B = V_{AB} + V_{BB}}$

$= (2.6 + 13.5)$ volts $= 16.1$ volts

গোলকের অভ্যন্তরে সকল বিন্দুর বিভব সমান।

অতএব, E বিন্দুর বিভব, V_E = B বিন্দুর বিভব, $V_B = 16.1$ Volts **(Ans.)**

ঘ B গোলকের চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_{BC} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_2}{(BC)^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-9}}{(4)^2} NC^{-1}$$

$= 1.6875\ NC^{-1}$; BC বরাবর

A গোলকের চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_{AC} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_1}{(AC)^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{(4\sqrt{3}^2) + 4^2}$$

$= 0.28125\ NC^{-1}$; AC বরাবর

$$\angle ACB = \tan^{-1}\left(\frac{4\sqrt{3}}{4}\right) = 60°$$

$\therefore E_{BC}$ ও E_{AC} এর মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 60°$

$\therefore$ নেট প্রাবল্য, $E_c = \sqrt{E^2_{AC} + B^2_{BC} + 2.E_{AC}.E_{BC}.\cos\theta}$

বা, $E_c = \sqrt{(0.28125)^2 + (1.6875)^2 + 0.28125 \times 1.6875}$

$= 1.84NC^{-1}$

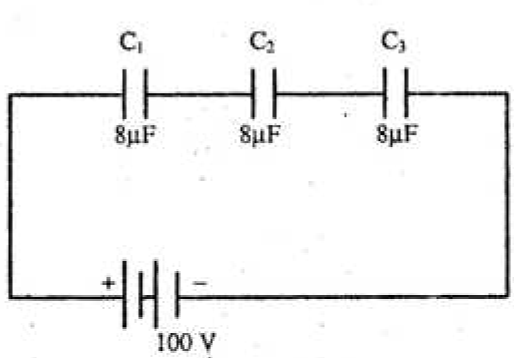
BC এর সাথে লব্ধি প্রাবল্যের অন্তর্ভুক্ত কোণ ϕ হলে

$$\tan\phi = \frac{E_{AC}\sin\theta}{E_{BC} + E_{AC}\cos\theta} = \frac{0.28125 \times \sin 60°}{1.6875 + 0.28125 \cos 60°}$$

বা, $\phi = 7.6°$

অতএব, C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের দিক হবে C বিন্দুতে বর্ধিত BC রেখার সাথে 7.6° কোণ করে ডানদিকে।

প্রশ্ন ▶ ১৮



[ব. বো. ২০১৫]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১

খ. ধারকত্ব কোন কোন বিষয়ের ওপর নির্ভর করে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ধারক সমবায়ের জন্য প্রতিটি ধারকে সঞ্চিত চার্জের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সর্বাধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য ওপরের সমবায়টি কি যথার্থ? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ ধারকত্ব তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে যথা:

i. পারিবাহীর পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল

ii. চারপার্শ্বস্থ মাধ্যমের ভেদন যোগ্যতা

iii. অন্য পারিবাহীর উপস্থিতি

গ দেওয়া আছে, ধারক তিনটির ধারকত্ব,

$C_1 = C_2 = C_3 = 8\mu F = 8 \times 10^{-6}F$

ব্যাটারীর তড়িচ্চালক বল, $E = 100V$

বের করতে হবে, প্রতিটি ধারকে সঞ্চিত চার্জ, $Q = ?$

তুল্য ধারকত্ব C হলে, $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{8\mu F} + \frac{1}{8\mu F} + \frac{1}{8\mu F}$

$= \frac{3}{8\mu F}$

$\therefore\ C = \frac{8\mu F}{3} = 2.67\mu F$

$\therefore\ Q = CV = 2.67 \times 10^{-6}F \times 100V$

$= 267 \times 10^{-6}C$

$= 267\mu C$ **(Ans.)**

ঘ অধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য ওপরোক্ত সমবায়টি যথার্থ নয়। কেননা আমরা জানি যে, সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব শ্রেণি সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব অপেক্ষা বৃহত্তর। সুতরাং সমান্তরাল সমবায়ে অধিক শক্তি সঞ্চিত হবে। নিম্নে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তা ব্যাখ্যা করা হলো।

ধারকদ্বয় সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত করলে:

সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$C_p = C_1 + C_2 + C_3 = (4 + 8 + 10)\mu F = 22\ \mu F = 22 \times 10^{-6}$ F

সমান্তরাল সমবায়ে সঞ্চিত শক্তি,

$W_p = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 22 \times 10^{-6} \times 100^2\ J = 0.11\ J$

ধারকত্রয় শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব,

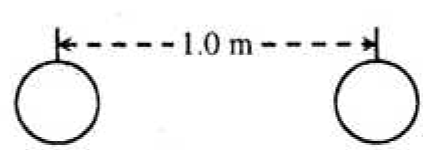
$C_s = \frac{40}{19}\mu F = 2.11 \times 10^{-6}$ F

এবং সঞ্চিত শক্তি, $W_s = 0.010526\ J < 0.11\ J$

তাহলে $W_p > W_s$ অর্থাৎ সমান্তরাল সমবায়ে সঞ্চিত শক্তি শ্রেণি সমবায়ে শক্তি অপেক্ষা বেশি হবে।

$\therefore$ অধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য উদ্দীপকের বর্ণিত সমবায়টি যথার্থ নয়। অধিক শক্তি সঞ্চয় করতে হলে ধারকত্রয়কে সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৯



$A = 20 \times 10^{-6}$ C $B = -40 \times 10^{-6}$ C

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দুইটির চার্জের মধ্যে কার্যকর কুলম্ব বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চার্জ দুটির সংযোজক রেখার কোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভব শূন্য হবে কী?– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে খুব সামান্য পরিমাণ পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বিশাল যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয়।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ধরি, A চার্জ হতে x দূরত্বে C বিন্দুতে সাম্যবিন্দুর অবস্থান।

∴ C বিন্দুতে A চার্জের জন্য বিভব, V_A হলে,

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{x}$$

এখানে,
A চার্জ হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_A = x$
A চার্জ, $q_A = 20 \times 10^{-6}$

C বিন্দুতে B চার্জের জন্য বিভব, V_B হলে,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{r_B} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{1 \pm x}$$

এখানে,
B চার্জ হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_B = 1 \pm x$
B চার্জ, $q_B = -40 \times 10^{-6}$ C

∴ মোট বিভব, $V = V_A + V_B = 0$

বা, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{x} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{1 \pm x} = 0$

বা, $\frac{q_A}{x} + \frac{q_B}{1 \pm x} = 0$

বা, $\frac{20 \times 10^{-6}}{x} + \frac{-40 \times 10^{-6}}{1 \pm x} = 0$

বা, $\frac{1 \pm x}{x} = \frac{40}{20}$

বা, $\frac{1 \pm x}{x} = 2$

বা, $2x = 1 \pm x$

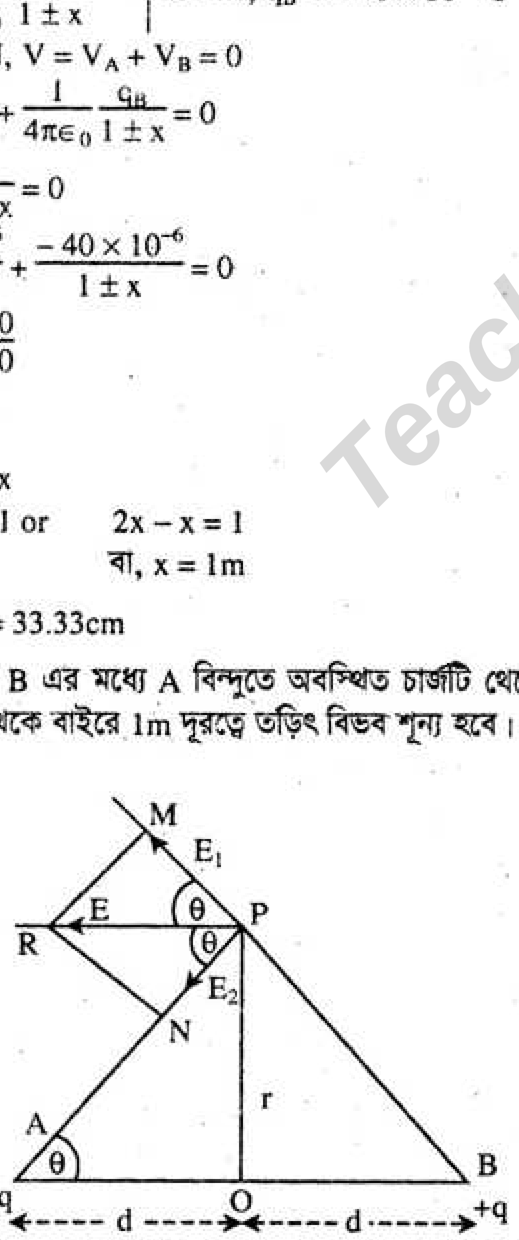
বা, $2x + x = 1$ or $\quad 2x - x = 1$

বা, $3x = 1$, $\quad$ বা, $x = 1$m

∴ $x = \frac{1}{3}$m $= 33.33$cm

অতএব, A ও B এর মধ্যে A বিন্দুতে অবস্থিত চার্জটি থেকে 33.33m দূরে এবং A থেকে বাইরে 1m দূরত্বে তড়িৎ বিভব শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ২০



একটি সমবাহু ত্রিভুজের প্রতিটি কোণায় 5C মানের চার্জ স্থাপিত আছে এবং এর প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 6m. *[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]*

ক. ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক কী? ১

খ. একটি দ্বিমেরু লম্বদ্বিখণ্ডকের উপরস্থ কোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের রাশিমালা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উপরোক্ত চিত্রের সাহায্যে তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্য E নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 'B' বিন্দুর তুলনায় O বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের মান ক্ষুদ্রতর'— গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে এ উক্তির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

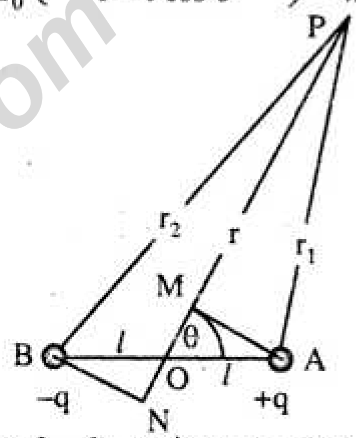
২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক বলে।

খ ধরি A ও B বিন্দুতে যথাক্রমে +q ও −q দুটি বিন্দু চার্জ তড়িৎ দ্বিমেরু সৃষ্টি করেছে। এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব $AB = 2l$। AB এর মধ্য বিন্দু O। সুতরাং $AO = BO = l$। O থেকে r দূরত্বে P একটি বিন্দু। OP এর উপর AM ও BN লম্ব অংকন করি। ধরি, $\angle AOM = \angle BON = \theta$। সুতরাং, $OM = ON = l\cos\theta$। A এবং B হতে P বিন্দুর দূরত্ব যথাক্রমে $r_1 = AP = MP = r - l\cos\theta$ এবং $r_2 = BP = NP = r + l\cos\theta$। সুতরাং P বিন্দুর বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2}\right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\left(\frac{q}{r - l\cos\theta} - \frac{q}{r + l\cos\theta}\right)$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{r + l\cos\theta - r + l\cos\theta}{r^2 - l^2\cos^2\theta}\right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q \times 2l\cos\theta}{r^2 - l^2\cos^2\theta}\right)$$



যেহেতু $l << r$ সেহেতু $l^2\cos^2\theta$ কে উপেক্ষা করা যায় এবং দ্বিমেরু ভ্রামক, $p = q \times 2l$।

$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{p\cos\theta}{r^2}$$

এটা তড়িৎ দ্বিমেরুর জন্য কোনো বিন্দুতে বিভবের রাশিমালা। P বিন্দু AB অক্ষের উপর অবস্থিত হলে $\theta = 0$ সেক্ষেত্রে

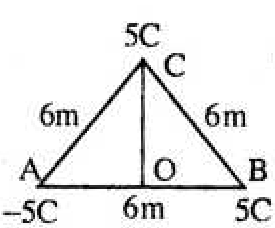
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{p}{r^2}$$

এবং P বিন্দু AB এর লম্ব দ্বিখন্ডকের উপর অবস্থিত হলে $\theta = 90°$ সেক্ষেত্রে $V = 0$।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $1.25 \times 10^9 NC^{-1}$, যা AB এর সমান্তরালে PR রেখা বরাবর ক্রিয়াশীল।

ঘ



B বিন্দুতে বিভব V_B হলে,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_C}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r}(q_C + q_A)$$

$$= \frac{9 \times 10^9}{6} \times (5 - 5)$$

$$= 0 \text{ V}$$

ΔABC সমবাহু বলে, $OA = OB = 3m$

এবং $OC = \sqrt{BC^2 - OB^2}$

$= \sqrt{6^2 - 3^2}$

$= 5.2m$

O বিন্দুতে q_A, q_B, q_C চার্জের জন্য সৃষ্ট বিভব, V_D হলে,

$$V_0 = \frac{q_A}{4\pi\epsilon_0 r_{OA}} + \frac{q_B}{4\pi\epsilon_0 r_{OB}} + \frac{q_C}{4\pi\epsilon_0 r_{OC}}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(-5)}{3} + 9 \times 10^9 \times \frac{5}{3} + 9 \times 10^9 \times \frac{5}{5.2}$$

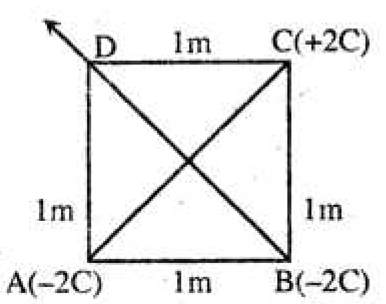
$$= 8.65 \times 10^9 \text{ V}$$

$\therefore V_O > V_B$

অর্থাৎ, O বিন্দুতে বিভব B বিন্দুর বিভব অপেক্ষা বেশি।

অতএব, B বিন্দুর তুলনায় O বিন্দুতে বিভবের মান ক্ষুদ্রতর উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ২১



[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ, ফেনী]

ক. শান্ট কাকে বলে? ১

খ. সমান দৈর্ঘ্য এবং ব্যাসের একটি তামার এবং স্টীলের তার যদি কোন কোষের সাথে আলাদাভাবে লাগানো হয় তাহলে প্রবাহিত তড়িতের মান সমান হবে কি? ২

গ. D বিন্দুতে বিভব বের করো? ৩

ঘ. D বিন্দুতে তড়িত তীব্রতা BD বরাবর ক্রিয়া করে। গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে শান্ট বলে।

খ রোধের সূত্র হতে আমরা জানি,

রোধ, $R = \frac{\rho L}{A}$ এখানে, L = দৈর্ঘ্য; A = প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

ρ = আপেক্ষিক রোধ

তামা এবং ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য এবং ব্যাস একই হলেও তারদ্বয়ের আপেক্ষিক রোধ একই না হওয়ায় বর্তনীতে রোধের মান ভিন্ন হবে। যেহেতু, $I = \frac{V}{R}$; ফলে রোধ একই না বলে তড়িৎ প্রবাহও একই হবে না।

গ এখানে,

A বিন্দুতে আধান, $q_A = -2C$

B বিন্দুতে আধান, $q_B = -2C$

C বিন্দুতে আধান, $q_C = 2C$

বর্গের প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 1 m

ABC সমকোণী ত্রিভুজ থেকে পাই,

$AD^2 + AB^2 = BD^2$

$1^2 + 1^2 = BD^2$

$\therefore BD = \sqrt{2}$

এখন D বিন্দুতে মোট বিভব V হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_A}{AD} + \frac{q_B}{BD} + \frac{q_C}{CD}\right)$$

বা, $V = 9 \times 10^9 \times \left(\frac{-2}{1} + \frac{-2}{\sqrt{2}} + \frac{2}{1}\right)$

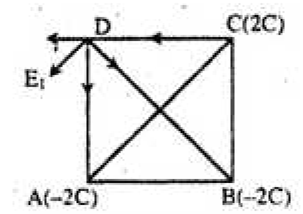
$\therefore V = -1.27 \times 10^{10}$ V

অর্থাৎ D বিন্দুতে বিভবের মান 1.27×10^{10} V **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

$BD = \sqrt{2}$ m

$AD = CD = 1$m



q_C এর জন্য D বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা বা প্রাবল্য CD বরাবর বাইরের দিকে।

$$\therefore E_{CD} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_C}{CD^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2}{1^2}$$

$$= 1.8 \times 10^{10} \text{ NC}^{-1}$$

q_B এর জন্য D বিন্দুতে প্রাবল্য DB বরাবর B বিন্দুর দিকে,

$$E_{DB} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_B}{BD^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{-2}{(\sqrt{2})^2}$$

$$= -9 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$$

$= 9 \times 10^9$ NC^{-1}, আকর্ষণ বল

অনুরূপভাবে, q_A এর জন্য D বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য DA বরাবর।

$$E_{DA} = 9 \times 10^9 \times \frac{-2}{1} = -1.8 \times 10^{10} \text{ NC}^{-1}$$

$\therefore E_{DA} = 1.8 \times 10^{10}$ NC^{-1} [আকর্ষণ বল]

E_{CD} ও E_{DA} এর লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_1 = \sqrt{E_{CD}^2 + E_{DA}^2}$$

$$= \sqrt{(1.8 \times 10^{10})^2 + (1.8 \times 10^{10})^2}$$

$$= 2.55 \times 10^{10} \text{ NC}^{-1}$$

E_{CD} ও E_{DA} এর মান সমান বলে এদের লব্ধি, E_1 E_{CD} ও E_{DA} এর মধ্যবর্তী কোণের সমদ্বিখণ্ডক বরাবর কাজ করবে।

ফলে, E_1, AD এর সাথে $\frac{90°}{2} = 45°$ কোণ উৎপন্ন করবে।

এখন, E_1 ও E_{DB} এর মধ্যবর্তী কোণ $45° + 45° = 90°$

$\therefore E_1$ ও E_{DB} এর লব্ধি E_2 হলে

$$E_2 = \sqrt{E_1^2 + E_{DB}^2}$$

$$= \sqrt{(2.55 \times 10^{10})^2 + (9 \times 10^9)^2}$$

$$= 2.7 \times 10^{10} \text{ NC}^{-1}$$

এবং এটি E_{DB} এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan\theta = \frac{E_1 \sin 90°}{E_{DB} + E_1 \cos 90°} = \frac{E_1}{E_{DB}}$$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_1}{E_{DB}}\right)$

$= \tan^{-1}\left(\frac{2.55 \times 10^{10}}{9 \times 10^9}\right)$

$= \tan^{-1}(2.833)$

$\therefore \theta = 70.56°$

অর্থাৎ, D বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য BD এর সাথে 70.56° কোণ উৎপন্ন করে।

অতএব, D বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা BD বরাবর ক্রিয়া করে না, ফলে D বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা BD বরাবর ক্রিয়া করে উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ২২ জনাব জিহান ল্যাবে কাজ করছিল। তিনি তিনটি সমান মানের ক্যাপসিটরকে সমান্তরালে সংযুক্ত করলেন। তিনি বর্তনীর উৎস হিসাবে 30V ব্যবহার করলেন। সেই সময়ে তার শিক্ষক জনাব পিট একটি প্রশ্ন করলেন, যদি সংযোগের মোট চার্জ 90C হয়। তাহলে প্রত্যেক ক্যাপাসিটরের ধারকত্ব কত? *[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ]*

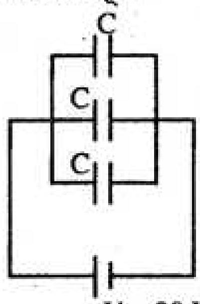
ক. ধারকের ধারকত্ব বলতে কি বোঝ? ১
খ. আধানের কোয়ান্টায়ন ব্যাখ্যা করো? ২
গ. কিভাবে জনাব জিহান, জনাব পিটকে উত্তর দিতে পারে? বের করো। ৩
ঘ. যখন ক্যাপাসিটরগুলো শ্রেণি সংযোগে থাকবে তখন মোট চার্জের কি পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বের করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের বিভব প্রতি একক বাড়াতে যে পরিমাণ আধানের প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ পরিবাহকের ধারকত্ব বলে।

খ আধানের যে কোনো মান হতে পারে না- এ বিষয়টিকে আধানের কোয়ান্টায়ন বলে। দুটি অনাহিত বস্তুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদানের ফলে উভয়ই সমান মানের কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জে চার্জিত হয়। কয়টি ইলেকট্রন স্থানান্তর করলো তার ওপর আধানের মান নির্ভর করে। একারণে আধানের মান সর্বদা ইলেকট্রনের আধানের ($e = -1.6 \times 10^{-19}C$) সরল গুণিতক হয়, ভগ্নাংশ হতে পারেনা। যেমন, $2.4 \times 10^{-19}C$ মানের কোনো আধান থাকতে পারেনা, কারণ এটি e এর ভগ্নাংশ (1.5) গুণিতক।

গ উদ্দীপক অনুযায়ী বর্তনীটি নিম্নরূপ–



$\therefore$ তুল্য ধারকত্ব, $C_p = C + C + C = 3C$
আমরা জানি, $Q = C_pV$
$\therefore$ উপরোক্ত বর্তনীর জন্য, $Q = 3CV$
যেহেতু জনাব পিট মোট চার্জ = 90 C এর জন্য ধারকত্ব বের করতে বললেন,
$\therefore 90 = 3C \times 30$
$\therefore C = 1F$
অর্থাৎ, 1F মানের তিনটি ধারক সমান্তরালে যুক্ত করলে এবং তার দুইপাশে 30V বিভব ব্যবহার করলে মোট 90C চার্জ জমা হয়।
অতএব, জনাব জিহান জনাব পিটকে উপরোক্ত পদ্ধতিতে হিসেব করে বলতে পারেন যে, প্রতি ক্যাপাসিটরের ধারকত্ব 1F.

ঘ যখন ক্যাপাসিটরগুলো শ্রেণি সংযোগে থাকবে তখন তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

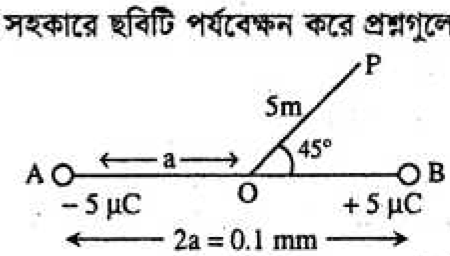
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{3}{C} = \frac{3}{1}$$

$\therefore C_s = \frac{1}{3} = 0.33$ F

$\therefore$ মোট চার্জ, $Q = C_sV$
$= 0.33 \times 30$
$= 10$ C.

অতএব, ক্যাপাসিটরগুলো শ্রেণি সংযোগে থাকলে মোট চার্জ আগের মোট চার্জের $\frac{10}{90} = \frac{1}{9}$ গুণ অর্থাৎ 9 ভাগের 1 ভাগ হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶২৩ যন্ত্র সহকারে ছবিটি পর্যবেক্ষন করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]

ক. তড়িৎ চাপ কি? ১
খ. একটি চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ তীব্রতা শূন্য কেন? সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. P বিন্দুতে তড়িৎ শক্তি বের করো। ৩
ঘ. P বিন্দুতে 2C চার্জ রাখলে কত কাজ সংঘটিত হবে। গাণিতিক পর্যবেক্ষণসহ উত্তর দাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অসীম থেকে একক ধনাত্মক আধানকে পরিবাহকের খুব নিকটে আনতে তড়িৎ বল দ্বারা বা তড়িৎ বলের বিরুদ্ধে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে তড়িৎ চাপ বলে।

খ চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের [$0 \le r <$ গোলকের ব্যাসার্ধ] যে কোনো গোলীয় তলে মোট ফ্লাক্স, $\varphi = \oint \underline{E}.d\underline{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$\therefore \underline{E} = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ এখানে, দ্বিমেরুর চার্জ, $q = 5\mu$ C
$= 5 \times 10^{-6}$ C
চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $2a = 0.1$ mm
$\therefore a = 0.05$ mm
$= 5 \times 10^{-5}$ m
কেন্দ্র ও ব্যাসার্ধ ভেক্টরের অভ্যন্তরীণ কোণ,
$\theta = 45°$
ব্যাসার্ধ ভেক্টরের মান, r = 5m

$\therefore$ P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব, $V = \frac{P\cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2aq\cos\theta}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 5 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-6} \times \cos 45°}{5^2}$$

$= 0.127$ volts.

ঘ এখানে,
P বিন্দুর বিভব, V = 0.127 volts
P বিন্দুতে আধান, Q = 2C
$\therefore$ সম্পাদিত কাজ, $W = QV$
$= 2 \times 0.127$ J
$= 0.254$J
অতএব, P বিন্দুতে 2C চার্জ স্থাপন করতে 0.254 J কাজে সম্পাদন করতে হবে।

প্রশ্ন ▶২৪ শূন্য মাধ্যমে অবস্থিত দুটি সমকেন্দ্রিক পাতলা চার্জিত খোলকের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 10cm ও 15cm। ভেতরের খোলকে চার্জের পরিমাণ 40.6 nC এবং বাইরের খোলকে 19.3nC।

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

ক. বিচ্যুতি কাকে বলে? ১
খ. কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রের মান 10T বলতে কী বুঝ? ২
গ. খোলকদ্বয়ের কেন্দ্রে বিভবের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. খোলকদ্বয়ের কেন্দ্র থেকে 10cm ও 22 cm দূরে দুটি বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতার তুলনা কর। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে মুক্তভাবে স্থাপিত চুম্বক শলাকা ভৌগোলিক উত্তর-দক্ষিণ থেকে যে কোণে বিচ্যুত হয় অর্থাৎ উত্তর-দক্ষিণ মধ্যতল ও চৌম্বক মধ্যতলের অন্তর্ভুক্ত কোণকে ঐ স্থানের বিচ্যুতি বলে।

খ কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান 10T বলতে বুঝায়:

i. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্ব বরাবর স্থাপিত কোনো তলের প্রতি $1m^2$ ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে 10Wb চৌম্বক ফ্লাক্স অতিক্রান্ত হবে।

ii. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের সাথে সমকোণে 1C চার্জ $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে তা 10N বল অনুভব করবে।

গ কোনো খোলকের অভ্যন্তরে বিভব অপরিবর্তিত থাকে এবং এর মান পৃষ্ঠে বিভবের মানের সমান।

খোলকদ্বয়ের কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব হবে খোলকদ্বয়ের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ বিভবের যোগফলের সমান।

বহির্খোলকের চার্জের জন্য কেন্দ্রে বিভবের মান V_o হলে,

$V_o = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_o}{R_o}$

$= 9\times10^9\times\frac{19.3\times10^{-9}}{15\times10^{-2}}$

$= 1158$ V

এখানে,
বহির্খোলকে চার্জ, $q_o = 19.3$ nC $= 19.3\times10^{-9}$ C
বহির্খোলকের ব্যাসার্ধ, $R_o = 15$ cm $= 15\times10^{-2}$ m

অন্তর্খোলকের চার্জের জন্য কেন্দ্রে বিভবের মান V_i হলে,

$V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_i}{R_i}$

$= 9\times10^9\times\frac{40.6\times10^{-9}}{10\times10^{-2}}$

$= 3654$ V

এখানে,
অন্তর্খোলকের চার্জ, $q_i = 40.6$nC $= 40.6\times10^{-9}$ C
অন্তর্খোলকের ব্যাসার্ধ, $R_i = 10$ cm $= 10\times10^{-2}$ m

∴ কেন্দ্রে তড়িৎ বিভবের মান, $V = V_i + V_o = 3654 + 1158$
$= 4812$ V **(Ans.)**

ঘ গাউসের সূত্র, $q = \epsilon\oint\vec{E}.d\vec{s}$ হতে আবদ্ধ ক্ষেত্রে, $q = 0$ হলে, $E = 0$

খোলকের অভ্যন্তরে, $q = 0$ বলে খোলক তথা ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্যের মান শূন্য।

তাই খোলকদ্বয়ের কেন্দ্র হতে 10 cm দূরের বিন্দুটি অন্তর্খোলকের পৃষ্ঠে এবং বহির্খোলকের অভ্যন্তরে অবস্থিত বলে বহির্খোলকের চার্জের দরুণ সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য।

কিন্তু অন্তর্খোলকের পৃষ্ঠে অবস্থিত হওয়ায় উক্ত বিন্দুতে অন্তর্খোলকের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্যের মান E_1 হলে,

$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_i}{r_1^2}$

$= 9\times10^{-9}\times\frac{40.6\times10^{-9}}{(10\times10^{-2})^2}$

$= 36.54\times10^3\ NC^{-1}$

এখানে,
অন্তর্খোলকের চার্জ, $q_i = 40.6$nC $= 40.6\times10^{-9}$ C
কেন্দ্র হতে দূরত্ব, $r_1 = 10$ cm $= 10\times10^{-2}$

খোলককদ্বয়ের কেন্দ্র হতে 22 cm দূরের বিন্দুটি খোলক দুইটির বাইরে অবস্থিত বলে ঐ বিন্দুতে প্রাবল্য খোলকদ্বয়ের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্যের লব্ধি হবে। যেহেতু দুই খোলকেই ধনাত্মক চার্জ রয়েছে তাই প্রাবল্যের দিক একই এবং লব্ধি হবে প্রাবল্যদ্বয়ের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

অন্তর্খোলকের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য E_{2i} হলে,

$E_{2i} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_i}{r_{2i}^2}$

$= 9\times10^9\times\frac{40.6\times10^{-9}}{(0.22)^2}$

$= 7549.6\ NC^{-1}$

এখানে,
অন্তর্খোলকের চার্জ, $q_i = 40.6$nC $= 40.6\times10^{-9}$ C
কেন্দ্র হতে বিন্দুর দূরত্ব, $r_{2i} = 22$ cm $= 0.22$ m

আবার, বহির্খোলকের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য E_{20} হলে,

$E_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_o}{r_{20}^2}$

$= 9\times10^9\times\frac{19.3\times10^{-9}}{(0.22)^2}$

$= 3588.84\ NC^{-1}$

এখানে,
বহির্খোলকের চার্জ, $q_o = 19.3$nC $= 19.3\times10^{-9}$ C
কেন্দ্র হতে বিন্দুর দূরত্ব, $r_{20} = 0.22$ m

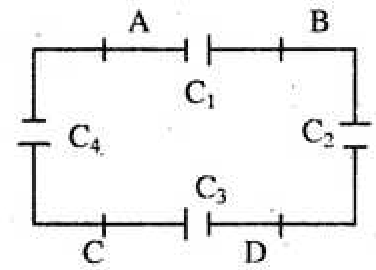
∴ খোলকদ্বয়ের কেন্দ্র হতে 22 cm দূরের বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$E_2 = E_{2i} + E_{20}$

$= 7549.6 + 3588.84$

$= 11.14\times10^3\ NC^{-1}$

প্রশ্ন ▶ ২৫



চিত্রে $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 2\mu F$, $C_3 = 4\mu F$, $C_4 = 8\mu F$ প্রতিটি ধারকের পাতের ক্ষেত্রফল 2.5 cm^2। এ পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 5 cm. 150 V বিভব পার্থক্যের তড়িৎ উৎস এর প্রথমে A ও B বিন্দুর মাঝে এবং পরবর্তীতে A ও D বিন্দুর মধ্যে সংযুক্ত করা হয়। *[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]*

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর। ১

খ. একটি সুষম তড়িৎক্ষেত্রে স্থাপিত প্রোটন ও ইলেকট্রন সমত্বরণ প্রাপ্ত হবে কী? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. C_1 ধারকের পাত দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাংক কত? ৩

ঘ. তড়িৎ উৎস সংযুক্ত করার পর কোন ক্ষেত্রে (AB অথবা AD) বেশি শক্তি সঞ্চিত হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোন বন্ধ কল্পিত তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রমকারী তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের $\frac{1}{\epsilon_o}$ গুণের সমান হবে।

খ একটি সুষম তড়িৎ ক্ষেত্র, E তে একটি প্রোটন ও একটি ইলেকট্রন সমান কিন্তু বিপরীতমুখী বল অনুভব করবে এবং বলের মান $|F| = |eE|$

কিন্তু প্রোটনের ত্বরণ a_p ও ইলেকট্রনের ত্বরণ, a_e হলে,

$a_p = \frac{|F|}{m_p} = \frac{|eE|}{m_p}$ এবং $a_e = \frac{|eE|}{m_e}$

$m_p > m_e$ বলে, $a_p < a_e$ হবে।

অর্থাৎ সুষম তড়িৎ ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের ত্বরণ প্রোটন অপেক্ষা বেশি হবে।

গ C_1 ধারকের পাত দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাংক ϵ হলে,

$C_1 = \frac{\epsilon A}{d}$

বা, $\epsilon = \frac{C_1 d}{A}$

$= \frac{2\times10^{-6}\times5\times10^{-2}}{2.5\times10^{-4}}$

$= 4\times10^{-4}\ C^2m^2N^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
ধারকত্বের মান, $C_1 = 2\mu F = 2\times10^{-6}$ F
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $d = 5$ cm $= 5\times10^{-2}$m
পাতের ক্ষেত্রফল, A $= 2.5cm^2 = 2.5\times10^{-4}\ m^2$

ঘ 150V এর তড়িৎ উৎস A ও B বিন্দুতে সংযুক্ত করলে C_2, C_3 ও C_4 ধারকত্রয় শ্রেণিতে এবং এদের তুল্য ধারক C এর সাথে সমান্তরালে থাকে।

শ্রেণিতে যুক্ত C_2, C_3 ও C_4 এর তুল্য ধারকত্ব, Cs_1 হলে,

$\frac{1}{Cs_1} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$

$= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$

$= \frac{7}{8}$

$\therefore Cs_1 = \frac{8}{7}\mu F$

আবার, সমান্তরালে যুক্ত Cs_1 ও C_1 এর তুল্য ধারকত্ব Cp_1 হলে,

$Cp_1 = Cs_1 + C_1$

$= \frac{8}{7} + 2$

$= 3.143\mu F$

এক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি E_{AB} হলে,

$$E_{AB} = \frac{1}{2} Cp_1V^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 3.143 \times 10^{-6} \times (150)^2$$
$$= 0.0354 \text{ J}$$

আবার, তড়িৎ উৎসটিকে A ও D বিন্দুর মধ্যে সংযুক্ত করলে C_1 ও C_2 ধারকদ্বয় এবং C_3 ও C_4 ধারকদ্বয় শ্রেণিতে এবং এদের তুল্য ধারকদ্বয় সমান্তরালে যুক্ত।

শ্রেণিতে যুক্ত C_1 ও C_2 এর তুল্য ধারকত্ব Cs_2 হলে,

$$\frac{1}{Cs_2} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

বা, $\frac{1}{C_{s_2}} = 1$

$\therefore C_{s_2} = 1\ \mu F$

আবার, শ্রেণিতে যুক্ত C_3 ও C_4 এর তুল্য ধারকত্ব Cs_3 হলে,

$$\frac{1}{C_{s_3}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$$

বা, $\frac{1}{C_{s_3}} = \frac{3}{8}$

$\therefore C_{s_3} = 2.67\ \mu F$

$\therefore$ সমান্তরালে থাকা Cs_2 ও Cs_3 এর তুল্য ধারকত্ব Cp_2 হলে,

$$Cp_2 = C_{s_2} + C_{s_3}$$
$$= 1 + 2.67$$
$$= 3.67\ \mu F$$

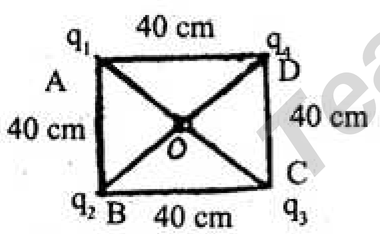
এক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি E_{AD} হলে,

$$E_{AD} = \frac{1}{2} Cp_2V^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 3.67 \times 10^{-6} \times (150)^2$$
$$= 0.041 \text{ J}$$

$\therefore E_{AD} > E_{AB}$

অর্থাৎ, তড়িৎ উৎসকে A ও D বিন্দুর মধ্যে সংযুক্ত করলে অধিক শক্তি সঞ্চিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৬



$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 3\mu C$

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. বিন্দু চার্জ কী? ১

খ. বিভব পার্থক্য ও কাজের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। ২

গ. বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্রে O বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. q_1 আয়নের উপর কুলম্ব বলের মান কত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু চার্জ বলা হয়।

খ $A \overset{V_A}{\bullet} \longleftarrow d \longrightarrow \overset{V_B}{\bullet} B$

কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে A ও B দুটি বিন্দুর বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B হলে,

B বিন্দু হতে A বিন্দুতে প্রতি একক ধনাত্মক আধান সরাতে কৃতকাজ = $V_A - V_B$.

$\therefore$ q একক ধনাত্মক আধানকে B বিন্দু হতে A বিন্দুতে সরাতে কৃতকাজ = $q(V_A - V_B)$.

আবার, q একক আধানকে A বিন্দু হতে B বিন্দুতে সরাতে কৃতকাজ = $q(V_B - V_A)$.

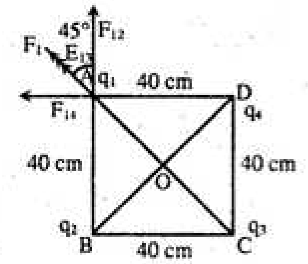
$\therefore$ কাজ = আধান × বিভব পার্থক্য।

এটিই নির্ণেয় সম্পর্ক।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 3.8×10^5 V

ঘ



চিত্রে $AC = \sqrt{AD^2 + CD^2}$

$$= \sqrt{40^2 + 40^2}$$
$$= 56.57 \text{ cm}$$
$$= 0.5657 \text{ m}$$

q_1 ও q_2 এর মধ্যবর্তী কুলম্ব বল F_{12} হলে,

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_1q_2}{r_{12}^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0.4)^2}$$
$$= 0.51 \text{ N, B থেকে A এর দিকে।}$$

এখানে,
চার্জ, $q_1 = 3\mu C$
চার্জ, $q_2 = 3\mu C$
q_1 ও q_2 এর দূরত্ব, $r_{12} = 40$ cm $= 0.4$ m

একইভাবে q_1 ও q_4 এর মধ্যবর্তী কুলম্ব বল, F_{14} হলে $F_{14} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_1q_4}{r_{14}^2}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0.4)^2}$$
$$= 0.51\text{N, D হতে A এর দিকে।}$$

$\therefore$ q_1 এর উপর ক্রিয়ারত F_{12} ও F_{14} বলের মান 0.51 N ও F_{12} ও F_{14} এর মধ্যবর্তী কোণ 90°.

F_{14} ও F_{12} বলের লব্ধি F_{124} হলে,

$$F_{124} = \sqrt{F_{12}^2 + F_{14}^2 + 2F_{12}F_{14}\cos 90°}$$
$$= \sqrt{0.51^2 + 0.51^2 + 2 \times 0.51^2 \times 0}$$
$$= 0.72 \text{ N}$$

এবং লব্ধি AD এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে $\theta = \frac{90°}{2} + 90° = 135°$ [যেহেতু, $F_{12} = F_{14}$]

অর্থাৎ লব্ধি CA বরাবর।

আবার, q_1 ও q_3 এর মধ্যবর্তী কুলম্ব বল F_{13} হলে, $F_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_1q_3}{r_{13}^2}$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0.5657)^2}$$
$$= 0.253 \text{ N}$$

C হতে A এরদিকে যা BC এর সাথে 45° কোণ উৎপন্ন করে।

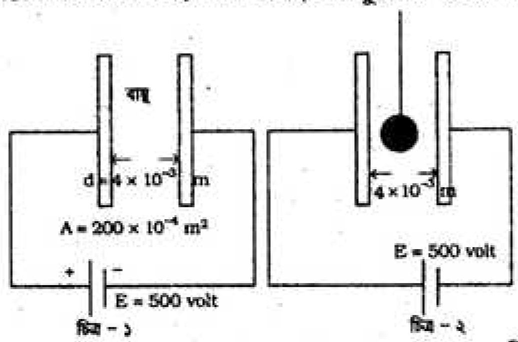
$\therefore$ F_{124} ও F_{13} এর দিক একই।

$\therefore$ q_1 এর উপর ক্রিয়ারত লব্ধি বল F_1 হলে,

$$F_1 = F_{124} + F_{13}$$
$$= 0.72 + 0.253$$
$$= 0.973 \text{ N}$$

লব্ধি কুলম্বিয় বল CA বরাবর ক্রিয়া করে।

প্রশ্ন ▶ ২৭ নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



চিত্র-২ এ সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের মাঝে একটি ক্ষুদ্র চার্জিত বস্তু উপরের পাত হতে তারের সাহায্যে ঝুলানো আছে। বস্তুটির ভর 60×10^{-4}kg এবং চার্জ 20μC। *[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]*

ক. কুরী বিন্দু কী? ১

খ. ঢাকার বিনতি 31°N বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের ২নং চিত্রের তারের উপর টান নির্ণয় কর। ৩

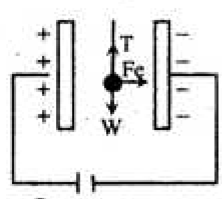
ঘ. চিত্র-১ এর ধারকটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.6 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তির পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে থাকলে যে তাপমাত্রায় কোনো ফেরোচৌম্বক পদার্থ প্যারাচৌম্বক পদার্থে পরিণত হয় তাকে ঐ ফেরোচৌম্বক পদার্থের কুরীবিন্দু বলে।

খ ঢাকার বিনতি 31°N বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে ভারকেন্দ্র থেকে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক শলাকার অক্ষ স্থির অবস্থায় অনুভূমিক তলের সাথে 31° কোণ করে আনত থাকবে এবং শলাকাটির উত্তর মেরু নিচের দিকে ঝুঁকে থাকবে।

গ



পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্য E হলে

$E = \frac{V}{d}$

$= \frac{500}{4 \times 10^{-3}}$

$= 1.25 \times 10^5\ NC^{-1}$

তড়িৎ বিভব V = 500 V
পাতদ্বয়ের দূরত্ব, $d = 4 \times 10^{-3}$ m

ক্ষুদ্র চার্জিত বস্তুটির উপর ক্রিয়ারত কুলম্ব বল, F_e হলে,

$F_e = qE$

$= 20 \times 10^{-6} \times 1.25 \times 10^5$

$= 2.5$ N.

বস্তুটির চার্জ, q = 20 μC $= 20 \times 10^{-6}$ C
তড়িৎ প্রাবল্য, $E = 1.25 \times 10^5\ NC^{-1}$

কুলম্ব বল, F_e ভূমির সমান্তরালে বাম পাত হতে ডান পাতের দিকে ক্রিয়াশীল।

আবার, বস্তুর ওজন, W হলে,

$W = mg$

$= 60 \times 10^{-4} \times 9.8$

$= 0.0588$ N.

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 60 \times 10^{-4}$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

ওজন, W খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়াশীল।

∴ তারের উপর টান T হলে,

$T = \sqrt{F_e^2 + W^2 + 2F_e W \cos 90°}$

$= \sqrt{2.5^2 + 0.0588^2}$

≈ 2.5 N **(Ans.)**

ঘ ধারকটির মধ্যবর্তী স্থান বায়ু ও 2.6 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের বস্তু দ্বারা যথাক্রমে পূর্ণ হলে প্রতিক্ষেত্রে ধারকে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি যথাক্রমে U_1 ও U_2 হলে,

$U_1 = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$

এবং $U_2 = \frac{1}{2} \epsilon E^2$

$\therefore \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{2}\epsilon E^2}{\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2}$

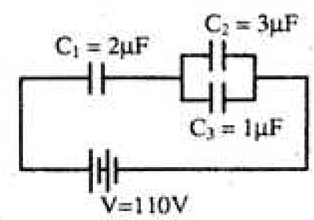
$= \frac{2.6\epsilon_0}{\epsilon_0}$

$= 2.6$

$\therefore U_2 = 2.6\ U_1$

অর্থাৎ, বায়ুর পরিবর্তে ধারকের মধ্যবর্তী স্থান 2.6 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে একক আয়তন সঞ্চিত শক্তি পূর্বের চাইতে 2.6 গুণ বেড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ২৮



[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. বিন্দু চার্জের জন্য কুলম্বের সূত্র বিবৃত করো? ১

খ. যদি কোন ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যমকে ধারকের দুইটা পাতের মধ্যে প্রবেশ করানো হয় তখন কী ঘটতে পারে? ২

গ. ধারকের তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো উক্ত বর্তনী থেকে। ৩

ঘ. উক্ত বর্তনীতে Q_1, Q_2, Q_3 চার্জগুলোর মান নির্ণয় করো যারা যথাক্রমে C_1, C_2 এবং C_3 ধারকে সঞ্চিত হয়। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান চার্জদ্বয়ের পরিমাণ এর গুণফলের সমাণুপাতিক, এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল তাদের মধ্যবর্তী সংযোগ রেখা বরাবর কাজ করে।

খ আমরা জানি, কোন ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_0 KA}{d}$, যেখানে, K = ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবক। ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান শূন্য মাধ্যমে 1, অন্যমাধ্যমে, K > 1। তাই যদি একটি সমান্তরাল পাত ধারকের দুটি পাতের মধ্যবর্তী স্থানে ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যম থাকে তখন তার ঐ ধারকের ধারকত্ব শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব অপেক্ষা বৃদ্ধি পাবে।

যেহেতু, Q = CV তাই ধারকত্ব বৃদ্ধি পাওয়ায় ধারকের পাতদ্বয়ের একই বিভব পার্থক্যে পূর্বের তুলনায় অধিক চার্জ জমা হবে।

গ ৭ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 1.33μF

ঘ C_2 ও C_3 তুল্য ধারকত্ব, $C_{23} = C_2 + C_3$

$= (3 + 1)$ μF

$= 4$ μF

∴ C_1 এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য, $V_1 = \frac{C_{23}}{C_1 + C_{23}} \cdot V$

$= \frac{4}{2+4} \times 110$

$= 73.33$ V

∴ C_2 এবং C_3 এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য, $V_2 = V - V_1$

$= 110 - 73.33$

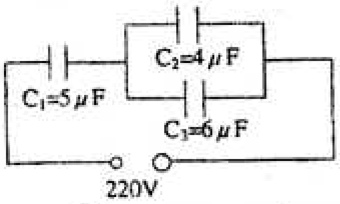
$= 36.67$ V

$\therefore Q_1 = C_1V_1 = 2 \times 10^{-6} \times 73.33 = 1.47 \times 10^{-4}$ C. **(Ans.)**

$Q_2 = C_2V_2 = 3 \times 10^{-6} \times 36.67 = 1.1 \times 10^{-4}$ C. **(Ans.)**

$Q_3 = C_3V_2 = 1 \times 10^{-6} \times 36.67 = 0.367 \times 10^{-4}$ C. **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶ ২৯



বর্তনী চিত্রটি ব্যবহার করে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ দ্বি-মেরু কী? ১

খ. গাউসের সূত্র হতে কীভাবে কুলম্বের সূত্র পাওয়া যায় ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কোন ধারকে সঞ্চিত শক্তি বেশি হবে- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ গাউসের সূত্র থেকে পাই,

$\oint \vec{E}.d\vec{A} = E\oint dA = \frac{q}{\epsilon_0}$

যেহেতু গোলীয় পৃষ্ঠের সকল বিন্দুতে E ধ্রুবক।

$\therefore EA = \frac{q}{\epsilon_0}$

কিন্তু গোলকের পৃষ্ঠ তলের ক্ষেত্রফল, $A = 4\pi r^2$

$\therefore E = \frac{q}{A\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$

কোন বিন্দু চার্জ q′ এবং q চার্জ হতে এর দূরত্ব r হলে, এদের মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বল,

$F = q'E$

$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq'}{r^2}$

এটিই কুলম্বের সূত্র।

গ বর্তনীতে C_2 ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত বলে এদের তুল্য ধারকত্ব C_P হলে,

$C_P = C_1 + C_2$
$= 4 + 6$
$= 10\mu F$

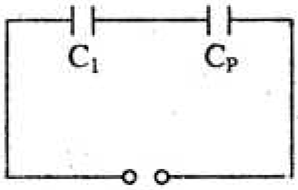
এখানে,
ধারকত্ব, $C_2 = 4\mu F$
ধারকত্ব, $C_3 = 6\mu F$

আবার তুল্য ধারক C_p এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত C_1 এর তুল্য ধারকত্ব C_{eq} হলে,

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_P} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10}$

$\therefore C_{eq} = \frac{10}{3} = 3.33\mu F$ **(Ans.)**

ঘ



'গ' হতে পাই C_2 ও C_3 এর তুল্যধারকত্ব, $C_P' = 10\mu F$.

$\therefore C_1$ এর বিভব V_1 হলে,

$V_1 = \frac{C_P}{C_1 + C_P} \times V$

$= \frac{10}{5 + 10} \times 220$

$= 146.67$ V

C_P এর বিভব V_P হলে,

$V_P = \frac{C_1}{C_1 + C_P} \times 220$

$= \frac{5}{5 + 10} \times 220$

$= 73.33$ V

$\therefore C_1$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $E_1 = \frac{1}{2}C_1V_1^2$

$= \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (146.67)^2$

$= 0.0538J$

যেহেতু সমান্তরালে যুক্ত C_2 ও C_3 এর তুল্য ধারকের বিভব 73.33V, তাই C_2 ও C_3 উভয়ের বিভব 73.33V হবে।

$\therefore C_2$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $E_2 = \frac{1}{2}C_2V_P^2$

$= \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times (73.33)^2$

$= 0.0108$ J

$\therefore C_3$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $E_3 = \frac{1}{2}C_3V_P^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (73.33)^2$

$= 0.0161$ J

$\therefore E_1 > E_3 > E_2$

অতএব, C_1 ধারকে সঞ্চিত শক্তি সর্বাধিক।

প্রশ্ন ▶ ৩০ $0.2m^2$ ক্ষেত্রফলের দুটি পাতকে পরস্পর হতে 2m দূরে বায়ু মাধ্যমে স্থাপন করে একটি সমান্তরাল পাত ধারক তৈরি করা হলো। এটিকে 400V বিভব পার্থক্যের মধ্যে যুক্ত করে চার্জিত করা হলো। এরপর পাত দুটির মাঝে 2cm বেধের একই ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট আরেকটি ধাতব পাতকে প্রবেশ করানো হলো। *[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]*

ক. গসের সূত্রটি লিখ। ১

খ. কোন ধারকের গায়ে 0.06 μF - 210V লেখা আছে। এর অর্থ কী? ২

গ. তৃতীয় পাত স্থাপন করার পূর্বে উদ্দীপকের ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তৃতীয় পাত স্থাপন করার পরেও ধারকটির সঞ্চিত শক্তির কোনো পরিবর্তন না হওয়ার কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোন বন্ধ কল্পিত তলের তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের ϵ_0 গুণের সমান হবে।

খ কোন ধারকের গায়ে 0.06 μF – 210 V লেখার অর্থ হলো উক্ত ধারকের ধারকত্ব 0.06×10^{-6} F এবং ধারকটি সর্বোচ্চ 210 V বিভব পার্থক্যে সঠিকভাবে কাজ করবে।

কোনো ধারকের ধারকত্ব 0.06μF বলতে বোঝায় উক্ত ধারকের দুই পাতের বিভব পার্থক্য 1V বাড়তে 0.06 μC আধানের প্রয়োজন হবে।

গ সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব,

$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 0.2}{2}$

$= 8.854 \times 10^{-13}$ F **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
ক্ষেত্রফল, $A = 0.2$ m^2
দূরত্ব, $d = 2m$

ঘ আমরা জানি, কোন ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$.

যখানে, A = পাতদ্বয়ের তলের ক্ষেত্রফল

d = পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব

এখন, পাতদ্বয়ের মধ্যে একটি ধাতব পাত ঢুকালে দুটি ধারক শ্রেণিতে যুক্ত আছে বলে ধরা যায়।

এবং তাদের প্রত্যেকের ধারকত্ব, $C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{\frac{d}{2}}$

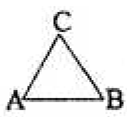
$$= 2.\frac{\epsilon_0 A}{d} = 2C$$

∴ শ্রেণিতে থাকা দুটি ধারকের তুল্য ধারকত্ব,

$$C' = \frac{1}{\frac{1}{2C} + \frac{1}{2C}}$$
$$= C$$

অর্থাৎ, পাত দুটির মাঝে একটি ধাতব পাত ঢুকালেও মোট ধারকত্ব পরিবর্তন হয় না। এজন্য, ধারকের মোট সঞ্চিত শক্তিও $\left(U = \frac{1}{2}CV^2\right)$ পরিবর্তিত হয় না।

প্রশ্ন ▶৩১ $4\mu C$ মানের দুটি সমান ও বিপরীত জাতীয় ক্ষুদ্র আধান 6cm ব্যবধানে A ও B বিন্দুতে অবস্থিত। আধানদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখা AB এর লম্ব সমদ্বিখণ্ডকের উপর 4cm দূরে C বিন্দুতে $1\mu C$ আধান স্থাপন করা হলো। *[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]*



ক. বিন্দু চার্জ কাকে বলে? ১

খ. গাউসীয় তলে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে চার্জ স্থানান্তর করলে কাজ শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের C বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের C বিন্দুতে $1\mu C$ আধান যদি না থাকে তবে উক্ত বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান ও দিক নির্ণয় করো। ৪

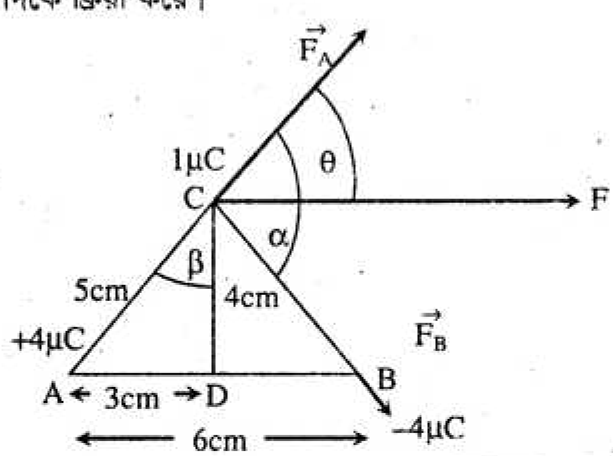
৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু চার্জ বলা হয়।

খ গাউসীয় তলের যেকোনো দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য সমান। অর্থাৎ গাউসিও তল হলো সমবিভব তল।

আমরা জানি, সমবিভব তলে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে চার্জ স্থানান্তর করলে কাজ শূন্য হয়। তাই গাউসীয় তলে চার্জের স্থানান্তরে কাজ শূন্য হবে।

গ C বিন্দুতে চার্জের উপর A বিন্দুর চার্জ দ্বারা ক্রিয়ারত বল AC বরাবর বাইরের দিকে ও B বিন্দুর চার্জ দ্বারা ক্রিয়ারত বল CB বরাবর বাইরের দিকে ক্রিয়া করে।



পীথাগোরাসের উপপাদ্য অনুসারে $AC: BC = \sqrt{3^2 + 4^2}$ cm

$$= 5cm$$
$$= 0.05m$$

$$\therefore \beta = \tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right)$$

$$\therefore \angle C = 2\tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right) = 73.74°$$

$$\therefore \alpha = 180° - 73.74° = 106.26°$$

A এর প্রভাবে C এর উপর তড়িৎ বল,

$$F_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.05)^2} N$$
$$= 14.4 N$$

B এর প্রভাবে C এর উপর তড়িৎ বল,

$$F_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.05)^2} N = 14.4 N$$

∴ লব্ধি বল, $F = \sqrt{F_A^2 + F_B^2 + 2.F_A.F_B \cos\alpha}$

$$= 14.4\sqrt{1 + 1 + 2\cos\alpha}$$
$$= 14.4\sqrt{2 + 2\cos\alpha}$$
$$= 14.4\sqrt{2(1 + \cos\alpha)}$$
$$= 14.4\sqrt{2 \times 2\cos^2\frac{\alpha}{2}}$$
$$= 14.4 \times 2\cos\frac{\alpha}{2}$$
$$= 28.8\cos\left(\frac{106.26}{2}\right)$$

∴ F = 17.28N **(Ans.)**

ঘ 'গ' নং থেকে পাই,

C বিন্দুতে $q = 1\mu C = 1 \times 10^{-6}C$ আধান স্থাপন করায় তড়িৎ বল,

F = 23.04N

∴ প্রাবল্য, E হলে,

$$E = \frac{F}{q}$$
$$= \frac{17.28}{10^{-6}} NC^{-1}$$
$$= 1.728 \times 10^7 NC^{-1}$$

'গ' তে প্রাপ্ত F_A ও F_B বলের লব্ধি F_A এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan\theta = \frac{F_B \sin\alpha}{F_A + F_B \cos\alpha}$$

বা, $\tan\theta = \frac{14.4\cos 106.26°}{14.4(1 + \sin 106.26°)}$

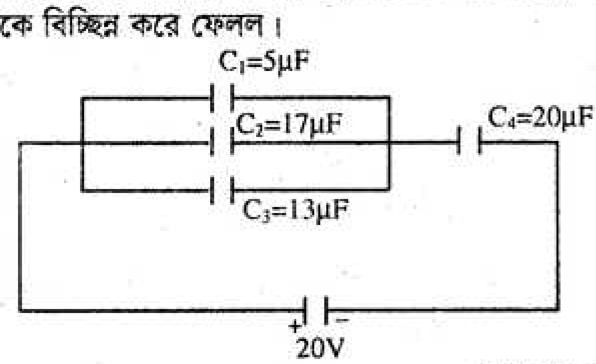
∴ θ = 53.13°

আবার, $\tan\angle A = \frac{4}{3}$

∴ ∠A = 53.13° = θ

অতএব, C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান $1.728 \times 10^7 NC^{-1}$ এবং এর দিক AB রেখার সমান্তরাল।

প্রশ্ন ▶৩২ গাজীপুরে অবস্থিত আন্তর্জাতিক খ্যাতি সম্পন্ন I.U.T বিশ্ববিদ্যালয়ের ছাত্র পিনাকের ছাত্রাবাসের বৈদ্যুতিক পাখার ধারকটি হঠাৎ নষ্ট হয়ে যায়। তাই সে কতগুলো ধারককে চিত্রানুযায়ী সাজিয়ে সংযোগ প্রদান করল। কিন্তু পাখার জন্য প্রয়োজনীয় ধারকের সঞ্চিত শক্তি $2.4 \times 10^{-3}J$ হওয়ায় পাখাটি ভালোভাবে চলল না। তাই সে C_1 ধারকটিকে বিচ্ছিন্ন করে ফেলল।



[মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্রের তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পিনাক সফলভাবে পাখা চালু করতে পেরেছিল কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের [$0 \le r <$ গোলকের ব্যাসার্ধ] যে কোনো গোলীয় তলে মোট ফ্লাক্স, $\varphi = \oint \underline{E}.d\underline{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$\therefore \underline{E} = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ

ধারক C_1, C_2 এবং C_3 সমান্তরালে রয়েছে। এদের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে

$C_p = C_1 + C_2 + C_3$
$= (5 + 17 + 13)$
$= 35\mu F$

এখানে,
4টি ধারকের ধারকত্ব
$C_1 = 5\mu F$
$C_2 = 17\mu F$
$C_3 = 13\ \mu F$
$C_4 = 20\ \mu F$

এখন, C_p এবং C_4 সিরিজে রয়েছে।

$\therefore \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_4}$
$= \frac{1}{35} + \frac{1}{20}$

$\therefore C_{eq} = 12.73\mu F$ **(Ans.)**

ঘ C_1 ধারকটি বর্তনীতে থাকা অবস্থায় পাখাটি চলল না।
এখন C_1 ধারকটি বর্তনী থেকে খুলে ফেলার জন্য ধারকগুলোর সঞ্চিত শক্তি যদি 2.4×10^{-3}J হয় তাহলে পাখাটি চলবে।
এখন, C_2 ও C_3 ধারকদ্বয় সমান্তরালে রয়েছে।

$\therefore C_p = C_2 + C_3$
$= (17 + 13)$
$= 30\ \mu F$

আবার, C_p ও C_4 সিরিজে রয়েছে।

$\therefore \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_4}$
$= \frac{1}{30} + \frac{1}{20}$

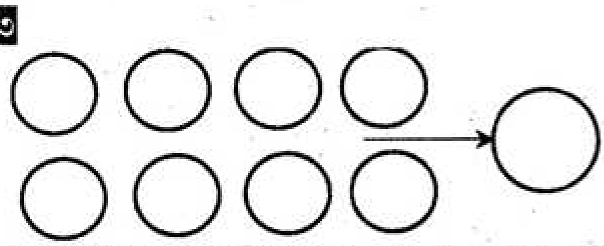
$\therefore C_{eq} = 12\mu F$
তুল্য ধারকের মোট সঞ্চিত শক্তি

$W_{eq} = \frac{1}{2} C_{eq} V^2$
$= \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-6} \times (20)^2$
$= 2.4 \times 10^{-3}$J

এখানে,
কোষের বিভব, $V = 20$V

অর্থাৎ পিনাক সফলভাবে পাখা চালু করতে পেরেছিল।

প্রশ্ন ▶ ৩৩



প্রতিটি ছোট ফোঁটায় সম পরিমাণ আধান আছে এবং ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ 10^{-3}m। *[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]*

ক. আধান ঘনত্ব কাকে বলে? ১
খ. কোন বস্তুতে চার্জের পরিমাণ 3×10^{-19}C হতে পারে না- ব্যাখ্যা কর। ২
গ. বড় ফোঁটার ধারকত্ব কত? ৩
ঘ. বড় ফোঁটার বিভব ও ধারকত্ব ছোট ফোঁটার চেয়ে একই অনুপাতে বৃদ্ধি পাবে কি? ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর সমতল বা বক্রতলে চার্জ থাকলে কোনো বিন্দুর চারদিকে একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ আধান থাকে তাকে আধান ঘনত্ব বলে।

খ কোনো বস্তুতে চার্জের পরিমাণ 3×10^{-19}C হওয়া সম্ভব নয় :
একটি ইলেক্ট্রন বা প্রোটনের চার্জই হলো প্রকৃতিতে ন্যূনতম মানের চার্জ। একটি ইলেক্ট্রনের চার্জকে (–e) এবং প্রোটনের চার্জকে (+e) দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এর মান $e = 1.60218 \times 10^{-19}$C।
পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে, প্রকৃতিতে কোনো বস্তুর মোট চার্জ একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মানের পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক। ইলেক্ট্রনের চার্জই হলো এই নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান। সকল চার্জিত বস্তুর মধ্যে বিদ্যমান চার্জই এ ক্ষুদ্রতম চার্জের গুণিতক মাত্র; অর্থাৎ ইলেক্ট্রনের চার্জের গুণিতক হবে। একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। কোনো বস্তুতে যেকোনো মানের চার্জ থাকতে পারে না। ইলেক্ট্রনের চার্জ e হলে কোনো বস্তুর মোট চার্জ $q = ne;\ n = 0, \pm 1, \pm 2$.......
অর্থাৎ কোনো বস্তুতে, +10e বা –7e হতে পারে কিন্তু +5.32 হতে পারে না। এখানে, $3 \times 10^{-19}C = 1.8e$, যা সম্ভব নয়।

গ

বড় ফোঁটার ব্যাসার্ধ R হলে,

$\frac{4}{3}\pi R^3 = N \times \frac{4}{3}\pi r^3$

বা, $R = \sqrt[3]{N}\, r$
$= 2 \times r$ m
$= 2 \times 10^{-3}$m

ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ, $r = 10^{-3}$m
ছোট ফোঁটার সংখ্যা, $N = 8$
বড় ফোঁটার ধারকত্ব, $C = ?$

$\therefore$ বড় ফোঁটার ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 R$
$= 4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^{-3}$
$= 2.23 \times 10^{-13}$F **(Ans.)**

ঘ ধরি, ছোট ফোঁটার ধারকত্ব, C_S এবং বড় ফোঁটার ধারকত্ব, C_L
'গ' হতে পাই ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ, r হলে বড় ফোঁটার ব্যাসার্ধ, $R = 2r$
এখন, তাদের ধারকত্বের অনুপাত,

$\frac{C_L}{C_S} = \frac{4\pi\epsilon_0 R}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{R}{r}$

বা, $\frac{C_L}{C_S} = \frac{2r}{r} = \frac{2}{1}$

বা, $C_L = 2C_S$

$C_L : C_S = 2 : 1$

আবার, বড় ফোঁটার বিভব V_L এবং ছোট ফোঁটার বিভব V_S হলে,

$\frac{V_L}{V_S} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R}}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}}$

এখানে, Q = বড় ফোঁটার চার্জ
q = প্রতিটি ছোট ফোঁটার চার্জ

$\therefore \frac{V_L}{V_S} = \frac{Q/R}{q/r}$
$= \frac{8q}{2r} \times \frac{r}{q} = 4$

$\therefore V_L : V_S = 4 : 1$

অতএব, বড় ফোঁটার বিভব ও ধারকত্ব ছোট ফোঁটার চেয়ে একই অনুপাতে বৃদ্ধি পাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ পদার্থবিজ্ঞান বিষয়ের একজন প্রভাষক জামাল। তিনি একটি 1m বাহু বিশিষ্ট বর্গক্ষেত্রের চার কৌণিক বিন্দুতে আধান স্থাপন করে তড়িৎ বিভবের পরীক্ষা করছিলেন। সে বর্গক্ষেত্রের প্রত্যেক কৌণিক বিন্দুতে $Q = 4 \times 10^{-9}C$ সমমানের আধান স্থাপন করেন।

[আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী]

ক. সান্ট কী? ১

খ. সাধারণত তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বর্গক্ষেত্রের তিন কৌণিক বিন্দুতে উক্ত চার্জ অপরিবর্তিত রেখে চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে কত চার্জ স্থাপন করলে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে সান্ট বলে।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায় আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাঁধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। এ বাঁধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়, ফলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহীর রোধ ও বৃদ্ধি পায়।

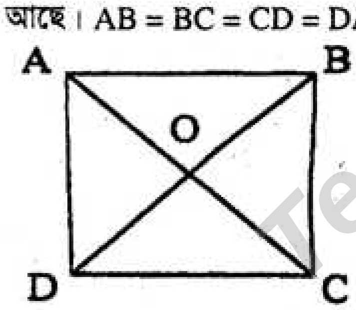
গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 203.65 V

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $-12 \times 10^{-9}C$

প্রশ্ন ▶ ৩৫ A, B ও C বিন্দুতে $+16 \times 10^{-11}$ C, -6×10^{-11} C ও $+4 \times 10^{-11}$C চার্জ আছে। AB = BC = CD = DA = 9cm.



[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]

ক. তুল্য ধারক কাকে বলে? ১

খ. গাউসের সূত্র প্রয়োগে চার্জিত সরু দণ্ড থেকে r দূরত্বে প্রাবল্যের মান দেখাও। ২

গ. D বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর। ৩

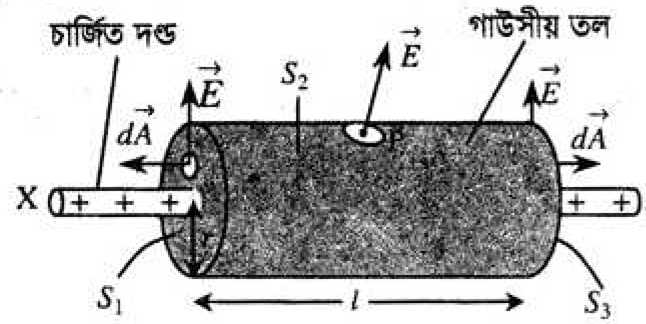
ঘ. D বিন্দু থেকে $+2 \times 10^{-10}$ C চার্জকে 'O'- তে নিতে যদি কাজ করতে হয় তাহলে তার মান দেখাও। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধারকের সমবায়ের পরিবর্তে যে একটি মাত্র ধারক ব্যবহার করলে সমবায়ের বিভব পার্থক্য ও আধানের কোনো পরিবর্তন হয় না তার ধারকত্বকে সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব বলে।

খ ধরা যাক, অসীম দৈর্ঘ্যের একটি চার্জিত সরু পরিবাহী দণ্ড XY। দণ্ডের একক দৈর্ঘ্যে চার্জের পরিমাণ λ। এর নিকটে r দূরত্বে P বিন্দুতে প্রাবল্য নির্ণয় করতে হবে। দণ্ডটিকে অক্ষ ধরে l দৈর্ঘ্য এবং r ব্যাসার্ধের একটি সিলিন্ডার (গাউসীয় তল) কল্পনা করি। গাউসের সূত্রানুসারে-

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$



সিলিন্ডরের তলকে তিনটি অংশে ভাগ করতে পারি। একটি বক্রপৃষ্ঠ তল S_2, এবং দুটি বৃত্তাকার তল S_1 ও S_3। সুতরাং

$$\epsilon_0 \int_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \epsilon_0 \int_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \epsilon_0 \int_{S_3} \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$

বা, $\epsilon_0 \int_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$ [যেহেতু S_1 ও S_3 তলে $\vec{E}$ ও $d\vec{A}$ পরস্পর লম্ব সেহেতু $\vec{E} \cdot d\vec{A} = 0$]

সিলিন্ডারের বক্রতলে P বিন্দু অবস্থিত। এ তলের সব বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান E সমান এবং ঐ তলের ওপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে। সুতরাং

$\epsilon_0 \int_{S_2} EdA = q$ বা, $\epsilon_0 E \int_{S_2} dA = q$

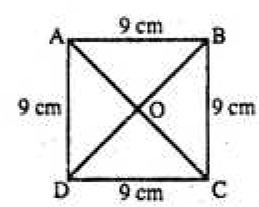
কিন্তু $\int_{S_2} dA = 2\pi rl$ = সিলিন্ডারের বক্রতলের ক্ষেত্রফল এবং $q = l\lambda$।

সুতরাং

$$\epsilon_0 E \times 2\pi rl = l\lambda$$

$$\therefore E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r}$$

গ



চিত্রে,

$$BD = \sqrt{BC^2 + CD^2}$$
$$= \sqrt{9^2 + 9^2}$$
$$= 12.73 \text{ cm}$$

D বিন্দুতে বিভব V_D হলে,

এখানে,

A বিন্দুতে চার্জ, $q_A = 16 \times 10^{-11}$ C

B বিন্দুতে চার্জ, $q_B = -6 \times 10^{-11}$ C

C বিন্দুতে চার্জ, $q_C = 4 \times 10^{-11}$ C

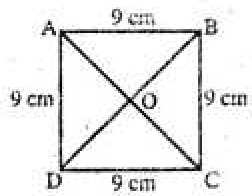
A হতে D বিন্দুর দূরত্ব, $r_A = 9$ cm $= 0.09$ m

B হতে D বিন্দুর দূরত্ব, $r_B = 12.73$ cm $= 0.1273$ m

C হতে D বিন্দুর দূরত্ব, $r_C = 9$ cm $= 0.09$ m

$$V_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_A} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{r_B} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_C}{r_C}$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_A}{r_A} + \frac{q_B}{r_B} + \frac{q_C}{r_C}\right)$$
$$= 9 \times 10^9 \left(\frac{16 \times 10^{-11}}{0.09} + \frac{-6 \times 10^{-11}}{0.1273} + \frac{4 \times 10^{-11}}{0.09}\right)$$
$$= 15.76 \text{ V (Ans.)}$$

ঘ



চিত্রে, $OA = OB = OC = OD = \frac{BD}{2} = \frac{12.73}{2}$

['গ' থেকে প্রাপ্ত BD = 12.73 cm]

$= 6.365$ cm

$= 0.06365$ m

$\therefore$ O বিন্দুতে বিভব, V_o হলে,

$$V_o = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_A}{r_{OA}} + \frac{q_B}{r_{OB}} + \frac{q_C}{r_{OC}}\right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r_{OA}}(q_A + q_B + q_C)$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{1}{0.06365}(16 \times 10^{-11} - 6 \times 10^{-11} + 4 \times 10^{-11})$$

$$= 19.8 \text{ V}.$$

'গ' থেকে পাই, D বিন্দুর বিভব, $V_D = 15.76$ V.

যেহেতু O বিন্দুর বিভব, V_o; D বিন্দুর বিভব, V_D অপেক্ষা বেশি, তাই ধনাত্মক আধান $+2 \times 10^{-10}$ C কে D হতে O তে নিতে কাজ করতে হবে।

এখন, 2×10^{-10} C চার্জকে D হতে O বিন্দুতে নিতে কৃতকাজ, W হলে, $W = q(V_O - V_D)$

$$= 2 \times 10^{-10}(19.8 - 15.76)$$

$$= 8.08 \times 10^{-10} \text{ J}$$

প্রশ্ন ▶ ৩৬ পদার্থ বিজ্ঞান ল্যাবরেটরীতে একজন ছাত্র 0.2m ও 30.3m ব্যাসার্ধের দুটি গোলককে চার্জিত করে, গোলক দুটির বিভব যথাক্রমে 5 V এবং 10 V এ উন্নীত করে পরস্পর হতে 1m দূরত্বে স্থাপন করল।

[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কুলম্বের সূত্র হতে এক কুলম্ব আধানের সংজ্ঞা দাও। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম গোলকের চার্জের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গোলকদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখার প্রথম গোলকটি থেকে 0.37 m দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্যের মান শূন্য হবে—গাণিতিকভাবে উক্তিটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ কুলম্বের সূত্রানুসারে $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{d^2}$

এখন, $q_1 = q_2 = 1$, $d = 1$m এবং

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{1^2}{1^2}$$

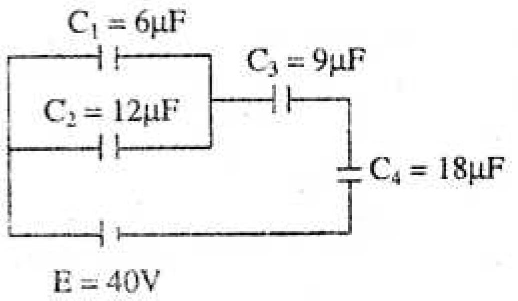
$$F = 9 \times 10^9 \text{N}$$

সুতরাং সমান আধান বিশিষ্ট দুটি বিন্দু চার্জ 1m দূরত্বে অবস্থান করে যদি পরস্পরের উপর 9×10^9N বল প্রয়োগ করে তবে উক্ত কণাদ্বয়ের আধানের পরিমাণকে এক কুলম্ব চার্জ বা আধান বলে।

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ৩৭



[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]

ক. ভর ত্রুটি কী? ১

খ. ইউরেনিয়ামের ফিশানে প্রায় 90 রকমের ভিন্ন ভিন্ন নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর C_1 ও C_2 ধারকত্বের ধারকের চার্জ কত হবে তা বের কর। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ ধীরগতির নিউট্রন দ্বারা ইউরেনিয়ামের ($_{92}U^{235}$) এর ফিশন ঘটানো হলে, প্রথমে একটি যৌগিক নিউক্লিয়াস $[_{92}U^{236}]^*$ উৎপন্ন হয় যার স্থায়ীত্ব 10^{-12}s। পরে এই যৌগিক অস্থায়ী নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে দুটি নিউক্লিয়াস (প্রায় সমান ভরের) যথাক্রমে X ও Y গঠিত হয়। তবে এই X ও Y এর অনেকগুলো সমন্বয় বা combination হতে পারে। এ কারণেই ইউরেনিয়ামের ফিশনে প্রায় 90 রকমের ভিন্ন ভিন্ন নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হতে পারে।

গ বর্তনীতে C_1 ও C_2 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব C′ হলে,

$C' = C_1 + C_2 = (6 + 12)\ \mu F = 18\mu F$

এখন, C′, C_3 ও C_4 শ্রেণিতে যুক্ত।

$$\therefore \text{ মোট তুল্য ধারকত্ব, } C_{eq} = \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18}\right)^{-1}$$

$$= \left(\frac{1 + 2 + 1}{18}\right)^{-1}$$

$$= \frac{18}{4} = 4.5\mu F \quad \textbf{(Ans.)}$$

ঘ (গ) হতে পাই, $C_{eq} = 4.5\mu F$

$$= 4.5 \times 10^{-6} F$$

$\therefore$ বর্তনীর চার্জ $Q = C_{eq} \times E$

$$= 4.5 \times 10^{-6} \times 40$$

$$= 180 \times 10^{-6} C$$

এই Q পরিমাণ সমান চার্জ C_3 ও C_4 এ জমা হবে কিন্তু C_1 ও C_2 ধারকে দুটি অংশে বিভক্ত হবে। C_1 ও C_2 এর ক্ষেত্রে, V = স্থির তাই $Q \propto C$

$$\therefore C_1 \text{ ধারকের চার্জ } Q_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \times Q$$

$$= \frac{6}{6 + 12} \times 180 \times 10^{-6}$$

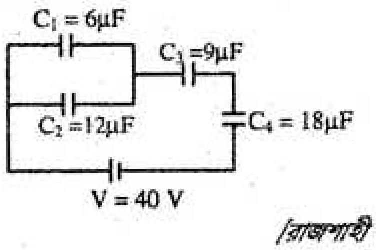
$$= 60 \times 10^{-6} C \textbf{ (Ans.)}$$

এবং C_2 ধারকে সঞ্চিত চার্জ, $Q_2 = Q - Q_1$

$$= (180 - 60) \times 10^{-6}$$

$$= 120 \times 10^{-6} C$$

প্রশ্ন ▶ ৩৮ চিত্রটি লক্ষ্য করো:



[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. গাউসীয় তল কী? ১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয় কেন? ২

গ. বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. C_1 ও C_2 ধারকের কোনটিতে সঞ্চিত চার্জের পরিমাণ বেশি হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রানুসারে, কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের ϵ_0 গুণের সমান। এ কল্পিত বন্ধ তলকে গাউসীয় তল বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তদুপরি বিভব পার্থক্য মাপার জন্য কোনো পরিবাহীকে প্রসজ্ঞা বস্তু হিসেবে বিবেচনা করা প্রয়োজন। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ বর্তনীতে C_1, C_2 সমান্তরালে এবং এদের তুল্য ধারকের সাথে C_3 ও C_4 শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত।

সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত C_1 ও C_2 এর তুল্য ধারকত্ব, C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2 = 6 + 12 = 18\ \mu F.$$

এখানে,
C_1 এর ধারকত্ব $= 6\ \mu F$
C_2 এর ধারকত্ব $= 12\ \mu F$

আবার, শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত C_p, C_3 ও C_4 এর তুল্য ধারকত্ব C_s হলে

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{1+2+1}{18} = \frac{4}{18} = \frac{2}{9}$$

এখানে,
C_1 ও C_2 এর তুল্য ধারকত্ব, $C_T = 18\mu F$
C_3 এর ধারকত্ব $= 9\mu F$
C_4 এর ধারকত্ব $= 18\mu F$

$\therefore C_s = \frac{2}{9} = 4.5\mu F$. **(Ans.)**

ঘ C_1 ও C_2 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য একই।

এখন, C_1 ও C_2 ধারকের দুই প্রান্তে আবিষ্ট চার্জ যথাক্রমে Q_1 ও Q_2 হলে,

$V_1 = V_2$

বা, $\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2}$

বা, $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$

বা, $Q_2 = 2Q_1$

$\therefore Q_2 > Q_1$

অর্থাৎ, C_2 ধারকে C_1 ধারক অপেক্ষা বেশি চার্জ সঞ্চিত হবে।

প্রশ্ন ▶৩৯ পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের দুজন ছাত্র একটি গবেষণায় একটি চার্জিত গোলকের ধাতব পরিবাহী ব্যবহার করে যার চার্জের পরিমাণ 20 C এবং ব্যাসার্ধ ছিল 12 cm। *[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. ফাঁপা চার্জিত গোলকের দূরত্ব বনাম বিভব লেখচিত্র অংকন করো। ২

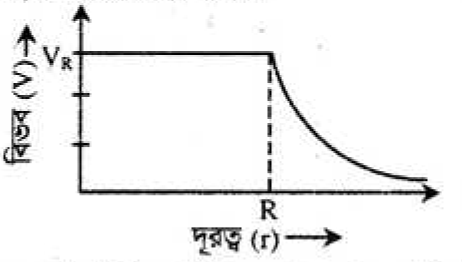
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির পৃষ্ঠে ও কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব কেমন হবে? যথাযথ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের দ্বারা যাতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হতে না পারে সেজন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে যে স্বল্পমানের রোধ সংযুক্ত করা হয় তা হল সান্ট।

খ নিচে কোনো চার্জিত ফাঁপা গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম বিভব-এর লেখচিত্র দেওয়া হলো–



আমরা জানি, R ব্যাসার্ধের চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে যেকোনো বিন্দুতে বিভব গোলকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর বিভবের (V_R) সমান। অর্থাৎ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = V_R = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R} \quad \text{[শূন্য মাধ্যম]}$$

এখানে, q = গোলক পৃষ্ঠের চার্জ
V_R = গোলক পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে বিভব
R = গোলকের ব্যাসার্ধ
ε_0 = শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা

আবার, গোলকের বাইরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

এখানে, r = কেন্দ্র হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব

অর্থাৎ $V \propto \frac{1}{r}$

সুতরাং কেন্দ্র হতে পৃষ্ঠ পর্যন্ত একটি চার্জিত গোলকের যেকোনো বিন্দুর বিভব সমান বা ধ্রুব, কিন্তু পৃষ্ঠ হতে বাইরে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিভব কমতে থাকে অর্থাৎ বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির ধারকত্ব C হলে,

$$C = 4\pi\epsilon_0 R = 4\times3.14\times8.854\times10^{-12}\times0.12 = 1.33\times10^{-11}\ F\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
গোলকটির ব্যাসার্ধ, $R = 12$ cm $= 0.12$ m

ঘ গোলকটির পৃষ্ঠে তড়িৎ বিভব V_s হলে,

$$V_s = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R} = 9\times10^9\times\frac{20}{0.12} = 1.5\times10^{12}\ V.$$

যখন কোনো ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলককে আহিত করা হয়, তখন সাম্যাবস্থায় সকল চার্জ উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে অবস্থান করে।

গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0 \int \vec{E}.d\vec{s}$ হতে পাই, যেহেতু, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ নেই তাই, $q = 0$

$\therefore E = 0$

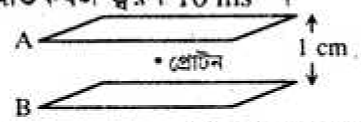
অর্থাৎ, গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য। আবার, $E = -\frac{dV}{dx}$

অর্থাৎ, তড়িৎ প্রাবল্য হলো দূরত্বের সাপেক্ষে তড়িৎ বিভবের পরিবর্তনের হারের সমান। তাই তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হওয়ার অর্থ হলো উক্ত স্থানে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে। এ কারণে চার্জিত ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে ও তা পৃষ্ঠের তড়িৎ বিভবের মানের সমান।

অর্থাৎ, কেন্দ্রে কিংবা গোলকের অভ্যন্তরে বিভব V_C হলে,

$V_c = V_s = 1.5\times10^{12}$ V.

প্রশ্ন ▶৪০ A ও B পাতদ্বয় সমান কিন্তু বিপরীত চার্জে চার্জিত। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1cm এবং এদের মাঝে একটি প্রোটন স্থির অবস্থায় আছে। প্রোটনের ভর 1.672×10^{-27} kg এবং চার্জ 1.6×10^{-19} C। ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ $10\ ms^{-2}$।



[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা কী? এটি যে সূত্রের দ্বারা দূর করা যায় তা লিখ। ২

গ. পাতদ্বয়ের মাঝে তড়িৎ প্রাবল্য কত— নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য কত এবং কোনটি উচ্চ বিভবের যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা—

i. কুলম্বরে সূত্র শুধু স্থির চার্জের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। গতিশীল চার্জের জন্য এই সূত্র প্রয়োগ করা যাবে না।

ii. আবদ্ধ চার্জের ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য নয়।

১ম সীমাবদ্ধতাকে লরেঞ্জ বল দ্বারা এবং ২য় সীমাবদ্ধতাকে গাউসের সূত্র দ্বারা দূর করা যায়।

গ যেহেতু প্রোটনটি পাতদ্বয়ের মাঝে স্থির আছে তাহলে এটির উপর ক্রিয়ারত উর্ধ্বমুখী তড়িৎ বল এটির ওজনের সমান।

পাতদ্বয়ের মাঝে তড়িৎ প্রাবল্য E ও ক্রিয়ারত তড়িৎ বল, F হলে,

$F = qE$

বা, $mg = qE$

বা, $E = \frac{mg}{q}$

$= \frac{1.672 \times 10^{-27} \times 10}{1.6 \times 10^{-19}}$

$= 1.045 \times 10^{-7}\ NC^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
প্রোটনের ভর, $m = 1.672 \times 10^{-27}$ kg
প্রোটনের চার্জ, $q = 1.6 \times 10^{-19}$ C
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10\ ms^{-2}$

ঘ 'গ' থেকে পাই, পাতদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়ারত তড়িৎ প্রাবল্য, $E = 1.045 \times 10^{-7}\ NC^{-1}$, এবং এর দিক উর্ধ্বমুখী।

যেহেতু তড়িৎ প্রাবল্যের দিক উর্ধ্বমুখী, তাই নিচের পাতের বিভব উপরের পাতের চাইতে বেশি।

এখন, পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য V হলে,

$V = Ed$

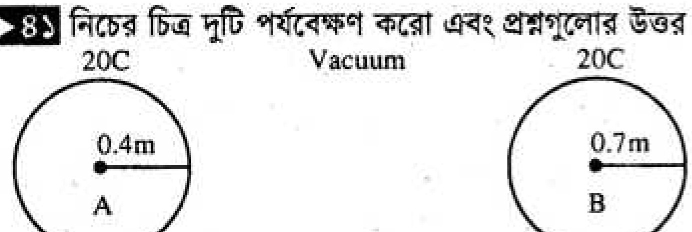
$= 1.045 \times 10^{-7} \times 10^{-2}$

$= 1.045 \times 10^{-9}$ V.

এখনে,
তড়িৎ প্রাবল্য, $E = 1.045 \times 10^{-7}\ NC^{-1}$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, d = 1 cm $= 10^{-2}$ m

$\therefore$ পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য 1.045×10^{-9} V এবং নিচের পাতটি উচ্চ বিভবের।

প্রশ্ন ▶৪১ নিচের চিত্র দুটি পর্যবেক্ষণ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]

ক. টেসলা কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A গোলকের পৃষ্ঠ হতে 0.3m দূরে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গোলক দুটিতে পরিবাহী দ্বারা যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহিত হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উত্তর দাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0 \oint \vec{E}.d\vec{s}$ হতে,

q পরিমাণ চার্জ বিশিষ্ট বিন্দুচার্জ কিংবা কোনো ফাঁপা ধাতব গোলকের পৃষ্ঠে সমবন্টিত দুই ক্ষেত্রেই চার্জ হতে নির্দিষ্ট দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্যের মান সমান হবে। একারণে ফাঁপা ধাতব গোলকের পৃষ্ঠের চার্জকে গোলকের কেন্দ্রে বিন্দু চার্জ হিসেবে কল্পনা করা যায়।

A গোলকের পৃষ্ঠ হতে 0.3m দূরের বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য E হলে,

$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{(0.7)^2}$

$= 3.67 \times 10^{11}\ NC^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
গোলকের চার্জ, q = +20C
গোলকের কেন্দ্র হতে বিন্দুটির দূরত্ব, r = 0.3 + 0.4 = 0.7m

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

A গোলকের ব্যাসার্ধ, $R_1 = 0.4$ m

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $R_2 = 0.7$ m

এবং উভয় গোলকে পৃষ্ঠে চার্জের পরিমাণ, q = 20C

$\therefore$ A গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, $V_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{R_1}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{0.4}$

$= 4.5 \times 10^{11}$ V

এবং B গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, $V_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{R_2}$

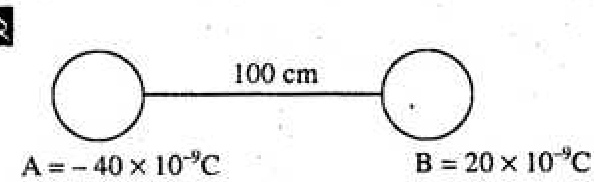
$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{0.7}$

$= 2.57 \times 10^{11}$ V

অতএব, A গোলক পৃষ্ঠের বিভব V_1 এবং B গোলক পৃষ্ঠের বিভব V_2 সমান নয় এবং $V_1 > V_2$

অর্থাৎ, গোলক দুটিকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ হবে। তড়িৎ প্রবাহের দিক হবে উচ্চ বিভব (A গোলকের পৃষ্ঠ) হতে নিম্ন বিভব (B গোলকের পৃষ্ঠ)-এর দিকে।

প্রশ্ন ▶৪২



[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা]

ক. ধারকত্ব কাকে বলে? ১

খ. চার্জের কোয়ান্টায়ন বলতে কী বুঝায়? ২

গ. চার্জ দুইটির মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্ব বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার উপর কোনো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক প্রাবল্য শূন্য হওয়া সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

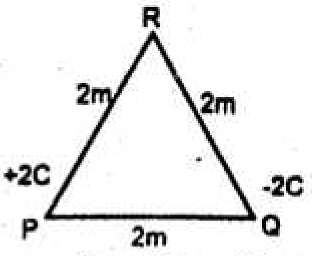
ক কোনো পরিবাহকের বিভব প্রতি একক বাড়াতে যে পরিমাণ আধানের প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ পরিবাহকের ধারকত্ব বলে।

খ আধানের যে কোনো মান হতে পারে না- এ বিষয়টিকে আধানের কোয়ান্টায়ন বলে। দুটি অনাহিত বস্তুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদানের ফলে উভয়ই সমান মানের কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জে চার্জিত হয়। কয়টি ইলেকট্রন স্থানান্তর করলো তার ওপর আধানের মান নির্ভর করে। একারণে আধানের মান সর্বদা ইলেকট্রনের আধানের ($e = -1.6 \times 10^{-19}C$) সরল গুণিতক হয়, ভগ্নাংশ হতে পারেনা। যেমন. $2.4 \times 10^{-19}C$ মানের কোনো আধান থাকতে পারেনা, কারণ এটি e এর ভগ্নাংশের (1.5) গুণিতক।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $7.2 \times 10^{-6}N$

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : B বিন্দু থেকে ডানপাশে 2.414m দূরত্বে চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার উপর প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৩



উপরের চিত্রের ত্রিভুজের দুই কৌনিক বিন্দুতে যথাক্রমে 2 কুলম্ব ধনাত্মক চার্জ এবং 2 কুলম্ব ঋণাত্মক চার্জ স্থাপিত আছে।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. তড়িৎ মাধ্যমাংক কী? ১
খ. রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ২
গ. P বিন্দুস্থ চার্জের জন্য Q বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান কত? ৩
ঘ. ত্রিভুজটির তৃতীয় কৌণিক বিন্দু R-এ প্রাবল্যের মান এবং দিক নির্ণয় কর। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা ও শূন্য মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতার অনুপাতকে উক্ত মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক বলা হয়।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায় আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। এ বাধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়, ফলে এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহির রোধ বৃদ্ধি পায়।

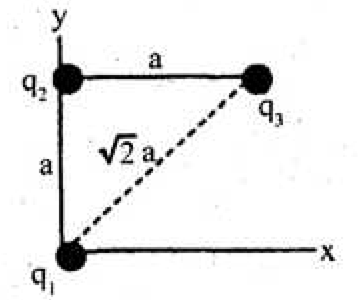
গ P বিন্দুস্থ চার্জের জন্য Q বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য E হলে,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_p}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \frac{2}{(2)^2}$$
$$= 4.5 \times 10^9 NC^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

P বিন্দুস্থ চার্জ, $q_p = 2C$
P বিন্দু হতে Q বিন্দুর দূরত্ব, $r = 2m$

ঘ ১৫ (গ) ও (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 4.5×10^9 N, PQ রেখার সমান্তরালে বাম থেকে ডান দিকে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪



উপরের চিত্রে একটি সমদ্বিবাহু ত্রিভুজের তিনটি কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে q_1, q_2 ও q_3 আধান রাখা আছে। $q_1 = q_3 = 5\ \mu C$, $q_2 = -2\mu C$, এবং $a = 0.10m$, যা চিত্রে প্রদর্শিত।

[নওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]

ক. তড়িৎ প্রাবল্য কাকে বলে? ১
খ. গাউসের সূত্র হতে কীভাবে কুলম্বের সূত্রে আসা যায়? ২
গ. q_3 আধানের উপর লব্ধি বলের মান ও দিক কত? ৩
ঘ. q_3 আধানের ক্রিয়ারত বলসমূহের যথাযথ ভেক্টর চিত্র অংকন কর এবং লব্ধি বলকে একক ভেক্টরের মাধ্যমে প্রকাশ কর। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ গাউসের সূত্রটি $\oint \vec{E}.d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$

একটি গোলাকার তল বিবেচনা করি যার কেন্দ্রে q চার্জ রাখা আছে এবং ব্যাসার্ধ r

তাহলে $\oint \vec{E}.d\vec{A} = E\,(4\pi r^2)$

[$\vec{A}$ ভেক্টরের দিক পৃষ্ঠের অভিলম্ব বরাবর; $\vec{E}$ ভেক্টরের দিক একই; সুতরাং $\theta = 0°$]

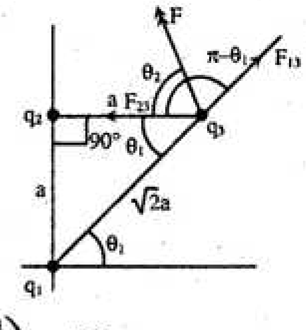
$$\therefore E = \frac{q}{\epsilon_0 4\pi r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

গোলকের পৃষ্ঠে q′ পরিমাণ বিন্দু চার্জ রাখার হলে এর ওপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F = q'E = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

ইহাই কুলম্বের সূত্র। এভাবেই গাউসের সূত্র হতে কুলম্বের সূত্র পাওয়া যায়।

গ



চিত্রে, $\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{a}{a}\right) = 45°$

q_1, q_3 কে বিকর্ষণ করে এবং q_2, q_3 ও কে আকর্ষণ করে।
q_1 ও q_3 এর মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বল F_{13} হলে,

$$F_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_1q_3}{r^2}$$
$$= 9\times10^9\times\frac{5\times10^{-6}\times5\times10^{-6}}{(0.141)^2}$$
$$= 11.25\ N$$

এখানে,
চার্জ, $q_1 = 5\mu C = 5 \times 10^{-6}$ C
চার্জ, $q_3 = 5\mu C = 5 \times 10^{-6}$ C
q_1 ও q_3 এর দূরত্ব, $r = \sqrt{2}a$
$= \sqrt{2} \times 0.1$
$= 0.141$ m

আবার, q_2 ও q_3 এর মধ্যবর্তী আকর্ষণ বল F_{23} হলে,

$$F_{23} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2q_3}{r^2}$$
$$= 9\times10^9\times\frac{(-2\times10^{-6})\times5\times10^{-6}}{(0.1)^2}$$
$$= -9\text{ N}$$

এখানে,
চার্জ, $q_2 = -2\mu C = -2\times10^{-6}$ C
চার্জ, $q_3 = 5\mu C = 5\times10^{-6}$ C
q_2 ও q_3 এর দূরত্ব, $r = a = 0.1$ m

আকর্ষণ বলের দিক নির্দেশনার জন্য বলের মান ঋণাত্মক

$\therefore F_{23}$ এর মান 9N.

এখন, F_{13} ও F_{23} এর মধ্যবর্তী কোণ, $180° - 45°$
$= 135°$

$\therefore q_3$ এর উপর লব্ধি বলের মান F_3 হলে,

$$F_3^2 = F_{13}^2 + F_{23}^2 + 2F_{13}F_{23}\cos(135°)$$
$$\text{বা, } F_3 = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2 + 2F_{13}F_{23}\cos 135°}$$
$$= \sqrt{11.25^2 + 9^2 + 2\times11.25\times9\times\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$$
$$= 8.02\text{ N.}$$

লব্ধি বল, F_{23} এর সাথে θ_2 কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan\theta_2 = \frac{F_{13}\sin 135°}{F_{23} + F_{13}\cos 135°}$$
$$= \frac{11.25\times\frac{1}{\sqrt{2}}}{9 + 11.25\times\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$$
$$= 7.612$$

$\therefore \theta_2 = \tan^{-1}(7.612) = 82.52°$

$\therefore q_3$ এর উপর ক্রিয়ারত লব্ধি বলের মান 8.02 N ও এটি x-অক্ষের সাথে $180° - 82.52°$ বা $97.48°$ কোণ উৎপন্ন করে। **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই,

q_1 ও q_3 এর মধ্যবর্তী বলের মান, $|\vec{F}_{13}| = 11.25$ N ও তা x-অক্ষের সাথে $\theta_{13} = 45°$ কোণ উৎপন্ন করে

$$\therefore \vec{F}_{13} = |\vec{F}_{13}|\cos\theta_{13}\,\hat{i} + |\vec{F}_{13}|\sin\theta_{13}\,\hat{j}$$
$$= 11.25\cos(45°)\,\hat{i} + 11.25\sin(45°)\,\hat{j}$$
$$= 7.96\,\hat{i} + 7.96\,\hat{j}\text{ N.}$$

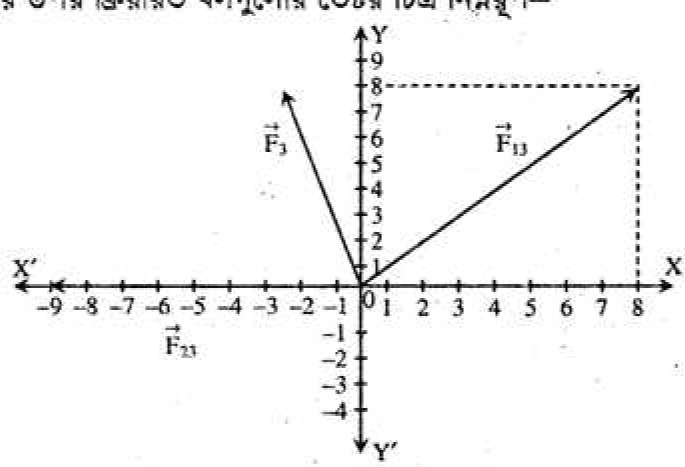
আবার, q_2 ও q_3 এর মধ্যবর্তী বলের মান, $|\vec{F}_{13}| = 9$ N এবং তা x অক্ষের সাথে $180°$ কোণ উৎপন্ন করে।

$$\therefore \vec{F}_{23} = |\vec{F}_{23}|\cos(180°)\,\hat{i} + |\vec{F}_{23}|\sin(180°)\,\hat{j}$$
$$= -9\hat{i}\text{ N.}$$

একইভাবে, লব্ধি বলের মান, $|\vec{F}_3| = 8.02$ N ও তা x-অক্ষের সাথে $97.48°$ কোণ উৎপন্ন করে,

$$\therefore \vec{F}_3 = |\vec{F}_3|\cos(97.84°)\,\hat{i} + |\vec{F}_3|\sin(97.48°)\,\hat{j}$$
$$= 8.02\cos(97.84°)\,\hat{i} + 8.02\sin(97.48°)\,\hat{j}$$
$$= -1.044\,\hat{i} + 7.96\,\hat{j}\text{ N}$$

q_3 এর উপর ক্রিয়ারত বলগুলোর ভেক্টর চিত্র নিম্নরূপ—



আবার, লব্ধি বলের দিকে একক ভেক্টর $= \frac{\vec{F}_3}{|\vec{F}_3|}$

$$= \frac{-1.044\,\hat{i} + 7.96\,\hat{j}}{8.02}$$
$$= -0.13\,\hat{i} + 0.993\,\hat{j}\text{ N}$$

প্রশ্ন ▶৪৫ 100 cm ব্যাসের একটি ধাতব গোলককে 20C চার্জ দেয়া আছে। গোলকের কেন্দ্র O থেকে 0.40m এবং 0.80m দূরে যথাক্রমে দুটি বিন্দু A এবং D বিবেচনা কর। *[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব কী? ১
খ. কোন কোন বিষয়ের উপর দুটি চার্জের মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ভর করে? ২
গ. A বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. O, A এবং D বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের যথার্থতা মূল্যায়ন কর। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

খ আমরা জানি একটি চার্জ অপর একটি চার্জকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করে। দুটি চার্জের মধ্যকার এ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান তিনটি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে; যথা—

i. চার্জ দুটির পরিমাণ
ii. চার্জ দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং
iii. চার্জ দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যম।

গ কোনো ধাতব গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুর বিভব উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে বিভবের সমান।

100 cm বা 1m ব্যাস তথা 0.5 m ব্যাসার্ধের কোনো ধাতব গোলকের অভ্যন্তরে গোলকের কেন্দ্র হতে 0.4m দূরে কোনো বিন্দুর বিভব V হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R}$$
$$= 9\times10^9\frac{20}{0.5}$$
$$= 3.6\times10^{11}\text{ V}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
গোলকের চার্জ, $q = 20$C
গোলকের ব্যাসার্ধ, $R = 0.5$ m

ঘ কোনো ধাতব গোলকে চার্জ দিলে উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে সকল চার্জ অবস্থান করে।

গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0\int\vec{E}.d\vec{s}$ হতে পাই কোনো ক্ষেত্র দ্বারা আবদ্ধ স্থানে $q = 0$ হলে, $E = 0$ হবে।

এ কারণে গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয়।

ফলে গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে এবং তা পৃষ্ঠে বিভবের মানের সমান।

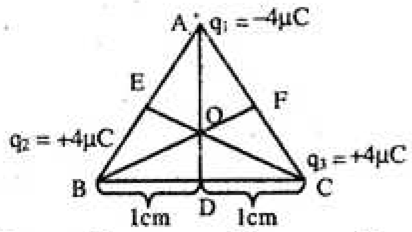
'গ' হতে পাই গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, $V = 3.6\times10^{11}$ V ফলে কেন্দ্র, O এবং কেন্দ্র হতে 0.4m দূরে A বিন্দুতে বিভব 3.6×10^{11} V

আবার, গাউসের সূত্র হতে পাই, গোলকের বাইরের কোনো বিন্দুর জন্য আধান গোলকের পৃষ্ঠে থাকুক কিংবা কেন্দ্রে পুঞ্জীভূত অবস্থায়, তড়িৎ প্রাবল্য একই থাকে। ফলে তড়িৎ প্রাবল্য কেন্দ্র হতে দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে এবং বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে হ্রাস পায়।

গোলকের বাইরের D বিন্দুর জন্য তাই বিভব V_D হলে,

$$V_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$
$$= 9\times10^9\times\frac{20}{0.8}$$
$$= 2.25\times10^{11}\text{ V}$$

প্রশ্ন ▶ ৪৬



2cm বাহু বিশিষ্ট একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে: $-4\mu C$, $4\mu C$, $4\mu C$ আধান আছে।

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. গাউসের সূত্রটি লিখ। ১

খ. কুলম্বের সূত্র হতে গাউসের সূত্রে উপনীত হওয়া সম্ভব– ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. O বিন্দুতে বিভব কত? ৩

ঘ. O বিন্দুতে উদ্দীপকের আলোকে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করা সম্ভব কিনা বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোনো বদ্ধ কল্পিত তলের তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের $\in_0$ গুণের সমান হবে।

খ কুলম্বের সূত্র থেকে আমরা জানি, দুটি চার্জের মধ্যকার আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল চার্জদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের মধ্যকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, $F = \frac{1}{4\pi\in_0}\frac{q\,q_0}{r^2}$

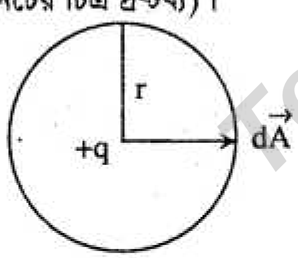
বা, $F = q_0 \times \frac{1}{4\pi\in_0}\frac{q}{r^2}$

আবার আমরা জানি, $F = q_0E$ $\therefore q_0E = q_0\frac{1}{4\pi\in_0}\frac{q}{r^2}$

$\therefore E = \frac{q}{4\pi\in_0 r^2}$

বা, $E \times 4\pi r^2 = \frac{q}{\in_0}$

কিন্তু $\oint dA = 4\pi r^2$ যেখানে A দ্বারা ক্ষেত্রফল এবং r দ্বারা গোলীয় তলের ব্যাসার্ধ বুঝানো হয় (নিচের চিত্র দ্রষ্টব্য)।

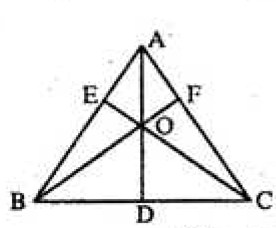


$\therefore E\oint dA = \frac{q}{\in_0}$; বিবেচ্য তলের সর্বত্র E সুষম মানের হওয়ায়, $\oint EdA = E\oint dA = \frac{q}{\in_0}$

এখানে, $\vec{E}$ এবং $d\vec{A}$ উভয়ের দিক ব্যাসার্ধ বরাবর বহির্মুখী হবে।

$\therefore \oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{q}{\in_0}$; ইহাই গাউসের সূত্র।

গ



চিত্রে AD, BC এর উপর মধ্যমা তাই, $\frac{OA}{OD} = \frac{2}{1}$

আবার, $AD = \sqrt{AC^2 - CD^2}$

$= \sqrt{2^2 - 1^2}$

$= \sqrt{3}$

$\therefore OA = OC = OB$

$= \frac{2}{3}AD$

$= \frac{2}{3}\times\sqrt{3} = \frac{2}{\sqrt{3}}$ cm

এখন, O বিন্দুতে বিভব V_o হলে,

$V_o = \frac{1}{4\pi\in_o}\times\left(\frac{q_A}{r_A}+\frac{q_B}{r_B}+\frac{q_C}{r_C}\right)$

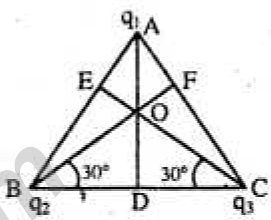
$= \frac{1}{4\pi\in_o}\times\frac{1}{r_A}(q_A + q_B + q_C)$

$= 9\times10^9\times\frac{\sqrt{3}\times10^2}{2}(-4+4+4)\times10^{-6}$

$= 3.12\times10^6$ V **(Ans.)**

এখানে,
A বিন্দুতে চার্জ, $q_A = -4\mu C$
B বিন্দুতে চার্জ, $q_B = 4\mu C$
C বিন্দুতে চার্জ, $q_C = 4\mu C$
A, B, ও C বিন্দু হতে O বিন্দুর দূরত্ব, $r_A = r_B = r_C = \frac{2}{\sqrt{3}}$ cm
$= \frac{2}{\sqrt{3}}\times10^{-2}$m

ঘ 'গ' হতে পাই,



$OA = OC = OD = \frac{2}{\sqrt{3}}\times10^{-2}$ m

O বিন্দুতে B ও C বিন্দুতে অবস্থিত q_2 ও q_3 ধনাত্মক চার্জের জন্য সৃষ্ট প্রাবল্য E_2 ও E_3 হলে

$E_2 = E_3 = \frac{1}{4\pi\in_o}\frac{q_2}{r^2}$, যেহেতু $q_2 = q_3 = 4\mu C$

$= 9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}}{\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\times10\right)^{-2}}$

$= 2.7\times10^8$ NC^{-1}

E_2 ও E_3 এর দিক যথাক্রমে OF ও OE এর দিকে।

চিত্রে, $\angle EOF = 120°$ এবং $\angle AOF = 60°$

সুতরাং E_2 ও E_3 এর মান সমান বলে এদের লব্ধি $\angle EOF$ এর সমদ্বিখণ্ডক OA বরাবর কাজ করে।

এবং লব্ধির মান, $E_{23} = \sqrt{E_2^2 + E_3^2 + 2E_2E_3\cos120°}$

$= 2.7\times10^8$ NC^{-1}

আবার, O বিন্দুতে A বিন্দু অবস্থিত। $q_1 = -4\mu C$ ঋণাত্মক চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য E_1; OA বরাবর কাজ করে।

$\therefore E_1 = \frac{1}{4\pi\in_o}\frac{q_1}{r^2}$

$= 9\times10^9\times\frac{-4\times10^{-6}}{\frac{2}{\sqrt{3}}\times10^{-2}}$

$= -2.7\times10^8$ NC^{-1}

এখানে ঋণ চিহ্ন বলের দিক নির্দেশ করে, যা q_1 চার্জের দিকে OA বরাবর।

$\therefore$ O বিন্দুতে ক্রিয়ারত E_1 ও E_{23} তড়িৎ প্রাবল্যের দিক একই।

$\therefore$ O বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য E হলে,

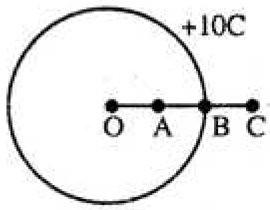
$E = E_1 + E_{23}$

$= 2.7\times10^8 + 2.7\times10^8$

$= 5.4\times10^8$ NC^{-1}

অর্থাৎ, O বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করা সম্ভবপর এবং নির্ণীত মান 5.4×10^8 NC^{-1}.

প্রশ্ন ▶ ৪৭



একটি ফাঁপা বৃত্ত, যার ব্যাসার্ধ 1m। B বিন্দু হতে 5m দূরে 2C আধান স্থাপন করা হলো। *[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]*

ক. ভেদন যোগ্যতা কাকে বলে? ১
খ. হারানো ভোল্ট বলতে কী বুঝ? ২
গ. 2C আধানের জন্য কুলম্ব বল কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের A, B ও C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের তুলনা করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শূন্য মাধ্যমে নির্দিষ্ট দূরত্বে অবস্থিত নির্দিষ্ট মানের দুটি আধানের মধ্যকার তড়িৎ বলের মান এবং অপর কোনো মাধ্যমে একই দূরত্বে রাখা একই আধানদ্বয়ের মধ্যকার তড়িৎ বলের মানের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের আপেক্ষিক ভেদনযোগ্যতা বলে।

খ কোষের ভিতর তড়িত প্রবাহ চালনা করলে তড়িচ্চালক শক্তির কিছু অংশ, কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করতে ব্যয় হয় তাকে হারানো ভোল্ট বা নষ্ট ভোল্ট বলে।

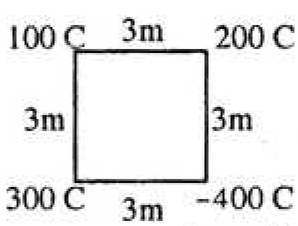
গ যেহেতু চার্জ ধাতব গোলকের পৃষ্ঠে সমভাবে বন্টিত হয়। তাই চার্জকে কেন্দ্রে আছে বলে কল্পনা করা যায়।

দেওয়া আছে,
গোলকের ব্যাসার্ধ, $r = 1m$
গোলকের চার্জ, $Q = +10\ C$
C বিন্দুতে চার্জ, $q = +2C$

∴ 2C চার্জের দূরত্ব,
$d = OA = 5 + 1 = 6m$
তড়িৎ বল, $F = C\frac{Qq}{d^2}$
$= 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 2}{6^2}$
$= 5 \times 10^9$ N. **(Ans.)**

ঘ A বিন্দুটি ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে অবস্থিত, গাউসের সূত্র হতে,
$q = \epsilon_0 \int \vec{E}.d\vec{s}$.
যেহেতু, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ নেই, তাই $q = 0$
A বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য $E_A = 0\ NC^{-1}$ হবে।
B বিন্দুতে প্রাবল্য, $E_B = C\frac{Q}{R^2}$
$= 9 \times 10^9 \times \frac{10}{5^2}$
$= 3.6 \times 10^9$ N/C
C বিন্দুতে প্রাবল্য, $E_C = C\frac{Q}{d^2}$
$= 9 \times 10^9 \times \frac{10}{6^2}$
$= 2.5 \times 10^9$ N/C
অতএব, B বিন্দুতে প্রাবল্য সবচেয়ে বেশি, C বিন্দুতে অপেক্ষাকৃত কম ও A বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হয়।

প্রশ্ন ▶ ৪৮



[খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি]

ক. তড়িৎ প্রাবল্য কাকে বলে? ১
খ. "যে কোনো পরিবাহীর ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক" উক্তিটির বিশ্লেষণ করো। ২
গ. উদ্দীপকের বস্তুকে ফাঁপা বর্গাকার বিবেচনা করলে এর তলমাত্রিক ঘনত্ব কত হবে? ৩
ঘ. প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 25% বৃদ্ধি করলে কেন্দ্রে বিভব এর কিরূপ পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ "যে কোন পরিবাহীর ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক" উক্তিটি সঠিক নয়। কেবলমাত্র সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব $\left(\frac{k\epsilon_0 A}{d}\right)$ এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক। কিন্তু গোলাকার ধারকের ধারকত্ব $(4\pi\epsilon_0 r)$ এর ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক কিন্তু ক্ষেত্রফল $(4\pi r^2)$ এর সমানুপাতিক নয়। কেননা ধারকত্বের মান নির্ভর করে আধান ও বিভবের মানের $\left(C = \frac{q}{V}\right)$ উপর। সমান্তরাল বা গোলাকার পাত ধারকের চার্জের পরিমাণ এদের ক্ষেত্রফলের সাথে সরাসরি জড়িত। সমান্তরাল পাত ধারকের বিভব ক্ষেত্রফলের সাথে সম্পর্কিত নয় বিধায় চার্জ ও বিভবের অনুপাত সরাসরি ক্ষেত্রফলের সাথে যুক্ত। কিন্তু গোলকের ধারকের বিভব এর ব্যাসার্ধের সাথে সম্পর্কিত হওয়ায় চার্জ ও বিভবের অনুপাত ব্যাসার্ধের একটি ঘাতের সাথে সম্পর্কিত। তাই সকল পরিবাহীর ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক নয়।

গ ফাঁপা বর্গাকার ফ্রেমের চার কৌণিক বিন্দুতে চার্জগুলো বিদ্যমান। এর তলে কোন চার্জ নেই। তাই তলমাত্রিক ঘনত্ব শূন্য।

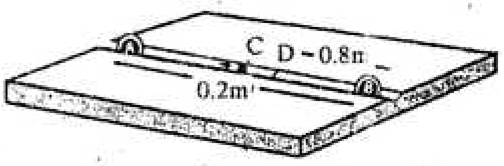
ঘ চার্জগুলো হলো :
$q_1 = 100\ C$
$q_2 = 200\ C$
$q_3 = 300\ C$
$q_4 = -400\ C$
বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 3m$
অতএব, প্রতিটি কৌণিক বিন্দু থেকে কেন্দ্রের দূরত্ব, $r = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{3}{\sqrt{2}}$ m

$$\therefore \text{কেন্দ্রে বিভব, } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r}\sum_{i=1}^{4} q_i$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r}(100 + 200 + 300 - 400)$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{\frac{3}{\sqrt{2}}} \times 200$$
$$= 8.48 \times 10^{11} \text{ volts.}$$

বাহুর দৈর্ঘ্য 25% বাড়ালে, $a' = a + \frac{25}{100}a$
$$= \frac{5}{4}a$$
$$\therefore r' = \frac{a'}{\sqrt{2}} = \frac{5}{4\sqrt{2}}a$$
$$\therefore \text{কেন্দ্রে বিভব, } V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r'}\sum_{i=1}^{4} q_i$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{\frac{5}{4\sqrt{2}} \times 3} \times 200 \text{ volts}$$
$$= 6.79 \times 10^{11}$$
$$\therefore \text{বিভবের শতকরা হ্রাস} = \frac{(8.48 - 6.79) \times 10^{11}}{8.48 \times 10^{11}} \times 100\%$$
$$= 20\%$$
অতএব, কেন্দ্রে বিভব 20% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ নওশীনের তৈরি প্রজেক্টটিতে A, B ও C নামক তিনটি চার্জিত গোলককে একটি ঘর্ষণহীন খাঁজে রাখা হয়। A গোলকের কাছে C গোলককে ছেড়ে দিলে এটি B গোলকের দিকে যেতে থাকে এবং D বিন্দুতে এসে থেমে যায়। সে তার বন্ধুদের বলল, "তোমরা যদি C কে B গোলকের কাছে ছেড়ে দাও, তবে সে ক্ষেত্রেও এটি উল্টা দিকে গতিপ্রাপ্ত হয়ে D তে এসে থেমে যাবে।

$q_A = 4.0 \times 10^{-3}$ C
$q_B = 6.4 \times 10^{-6}$ C
$q_C = 1.6 \times 10^{-9}$ C



[রাঙামাটি সরকারি কলেজ]

ক. ইলেকট্রন ভোল্ট কী? ১
খ. কোন বিন্দুর বিভব V বলতে কী বোঝায়? ২
গ. A গোলক কর্তৃক সৃষ্ট ক্ষেত্রের জন্য D বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. নওশীনের বক্তব্যের পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ইলেকট্রন ভোল্ট শক্তির একক। 1V বিভব পার্থক্য সম্পন্ন দুটি বিন্দুর মধ্যে একটি ইলেকট্রনকে উচ্চতর বিভব সম্পন্ন বিন্দুটি থেকে নিম্নতর বিভবসম্পন্ন বিন্দুটিতে সরাতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন, তাই এক ইলেকট্রন ভোল্ট।

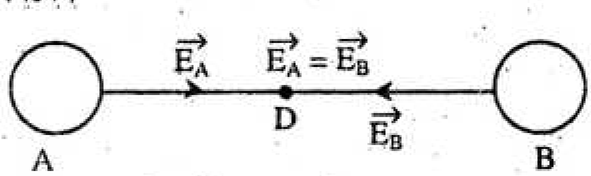
খ তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব V বলতে বুঝায়, অসীম থেকে প্রতি কুলম্ব ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে আনতে V J কাজ সম্পন্ন হয়।

গ A গোলক কর্তৃক সৃষ্ট D বিন্দুতে বিভব V_{DA} হলে,

$$V_{DA} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_{DA}}$$
$$= 3 \times 10^8 \text{ V (Ans.)}$$

এখানে,
A গোলক হতে D বিন্দুর দূরত্ব,
$r_{DA} = 0.2 - 0.08$
$= 0.12$ m

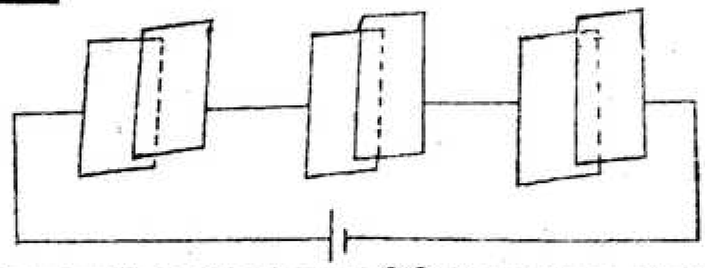
ঘ উদ্দীপকের A ও B গোলক উভয়েই ধনাত্মক চার্জযুক্ত। ফলে এদের উভয়ের তড়িৎ প্রাবল্য বহির্মুখী। তাই এদের মধ্যবর্তী এমন একটি স্থান থাকবে যেখানে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য। ফলে কোন ধনাত্মক চার্জকে A ও B গোলকের মাঝে যেখানেই রাখা হোক না কেন সেটি উক্ত স্থানের দিকে সরে যাবে এবং অবশেষে উক্ত প্রাবল্যবিহীন বিন্দুতে অবস্থান নিবে।



চিত্রে D বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য শূন্য হয়। যতই D বিন্দু হতে A গোলকের কাছে যাওয়া হবে, A গোলকের প্রাবল্য বাড়বে ও B গোলকের প্রাবল্য কমবে। ফলে যে কোনো ধনাত্মক চার্জ D বিন্দুর দিকে লব্ধি বল অনুভব করবে। একইভাবে D বিন্দু হতে যতই B গোলকের দিকে যাওয়া হবে B গোলকের প্রাবল্য বাড়বে ও A গোলকের কমবে। ফলে যে কোন ধনাত্মক চার্জ D বিন্দুর দিকে একটি লব্ধি বল অনুভব করবে।

একারণে কোন ধনাত্মক চার্জ, যেমন C গোলককে A গোলকের কাছে ছেড়ে দিলে তা D বিন্দুতে এসে পৌঁছাবে, আবার B গোলকের কাছে ছেড়ে দিলেও তা D বিন্দুতে এসে পৌঁছাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫০



উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল 0.04m^2। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2mm এবং বায়ুদ্বারা পূর্ণ।

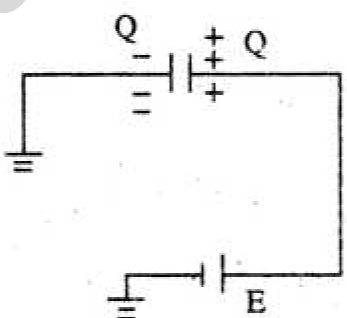
[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]

ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কী? ১
খ. সমান্তরাল পাত ধারকের ১টি পাতকে অন্তরিত এবং অপরটিকে ভূ-সংযুক্ত করা হয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.5 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির কিরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর চার্জের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবলমাত্র 1.6×10^{-19}C এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ



সমান্তরাল পাত ধারকের একটি অন্তরিত করে একে বিদ্যুৎ উৎসের ধনাত্মক পাতের সাথে সংযুক্ত করা হয়। ফলে তা ধনাত্মক আধান দ্বারা আহিত হয়। কিন্তু এটি অন্তরিত বলে অন্য কোনো বস্তুর সাথে সংস্পর্শে আসতে পারবে না, ফলে এ চার্জ স্থির থাকবে। অন্য পাতটি ভূমির সাথে সংযুক্ত থাকায় ধনাত্মক চার্জে চার্জিত অন্তরিত পাতের ধনাত্মক চার্জের আকর্ষণে ভূমি হতে সমপরিমাণ চার্জ উক্ত পাতে আসে এবং উক্ত পাত ঋণ চার্জে আহিত হয়। ফলে ধারকের উভয়পাত চার্জিত হয় এবং এভাবে চার্জ ধরে রাখে।

গ উদ্দীপকের ধারকগুলোর বায়ুমাধ্যমে প্রতিটির ধারকত্ব সমান এবং তা C হলে,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 0.04}{2 \times 10^{-3}}$$
$$= 1.7708 \times 10^{-10} \text{ F}$$

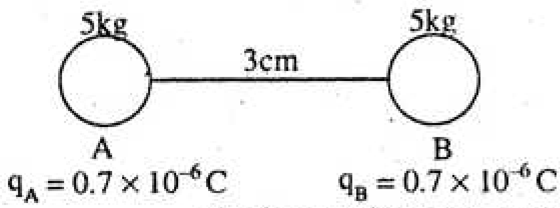
পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 0.04\text{m}^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}\text{m}$

ধারক সমবায়ে ধারক তিনটি শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্যধারকত্ব C_{eq} হলে,

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{3}{C}$$
$$\therefore C_{eq} = \frac{C}{3} = \frac{1.7708 \times 10^{-10}}{3}$$
$$= 5.9 \times 10^{-11}\text{F}$$
$$= 59\text{pF. (Ans.)}$$

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 2.5 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫১



[এম সি একাডেমি (মডেল স্কুল ও কলেজ), সিলেট]

ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে? ১
খ. গাউসের সূত্রটি বর্ণনা কর। ২
গ. A ও B গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বলের পরিমাণ কত? ৩
ঘ. দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে B গোলকটিকে A এর উপর উলম্ব বরাবর শূন্যে স্থাপন করলে সেটি সাম্যবস্থায় থাকবে কিনা যাচাই কর। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বিভব হচ্ছে আহিত পরিবাহকের বৈদ্যুতিক অবস্থা যা নির্ধারণ করে অন্য আহিত পরিবাহকের সাথে একে তড়িৎগতভাবে সংযুক্ত করলে পরিবাহক আধান দেবে না নেবে। অথবা, তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে আনতে কৃতকাজকে উক্ত বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

খ কোনো মাধ্যমে একটি বন্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তলের অভ্যন্তরে অবস্থিত মোট চার্জের $\frac{1}{\epsilon}$ গুণ। এটিই হলো গাউসের সূত্র। এখানে ϵ হলো উক্ত মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা।

কোনো একটি বন্ধতল S এর ওপর একটি ক্ষুদ্র ক্ষেত্র $d\vec{S}$ এবং এই ক্ষুদ্র ক্ষেত্রের সর্বত্র তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য $\vec{E}$ হলে; যদি তলটি দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের পরিমাণ q হয়, তবে গাণিতিকভাবে গাউসের সূত্রানুসারে আমরা পাই, $\oint_s \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon}$

এখানে বন্ধতল S কে গাউসিয়ান তল বলে।

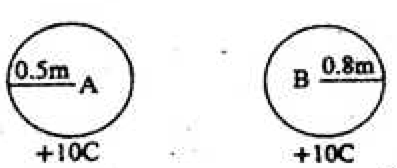
গ ১০ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 4.9N

ঘ এখানে,
A গোলকের ভর, $m_A = 5$ kg
B গোলকের ভর, $m_B = 5$ kg
A ও B গোলকের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 3$ cm $= 0.03$m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বল (বিকর্ষণ), $F = 4.9$N [গ হতে]
B গোলকের ওজন $= F'$ (ধরি)

$$\therefore F' = m_B g = (5 \times 9.8) \text{ N} = 49 \text{ N}$$

যেহেতু, $F \neq F'$ এবং $F' > F$
সুতরাং, দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে B গোলকটিকে A এর উপর উলম্ব বরাবর শূন্যে স্থাপন করলে সেটি সাম্যাবস্থায় থাকবে না এবং B গোলকটি নিচে পড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫২



[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]

ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কাকে বলে? ১
খ. চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. A ও B গোলকের চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্বের তুলনা কর। ৩
ঘ. গোলক দুটিকে একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে কোন দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর চার্জের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবল 1.6×10^{-19}C এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের [$0 \le r <$ গোলকের ব্যাসার্ধ] যে কোনো গোলীয় তলে মোট ফ্লাক্স, $\varphi = \oint \underline{E}.d\underline{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$\therefore \underline{E} = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ A গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব σ_A হলে,

$$\sigma_A = \frac{q}{A_A} = \frac{q}{4\pi r_A^2} = \frac{10}{4\pi \times (0.5)^2} = 3.18 \text{ Cm}^{-2}$$

এখানে,
A গোলকের চার্জ, $q = +10$C
A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_A = 0.5$ m

B গোলকের চার্জের গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব σ_B হলে,

$$\sigma_B = \frac{q_B}{A_B} = \frac{q_B}{4\pi r_B^2} = \frac{10}{4\pi \times (0.8)^2} = 1.24 \text{ Cm}^{-2}$$

এখানে,
B গোলকের চার্জ, $q_B = +10$C
গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_B = 0.8$ m

$\therefore$ A গোলকের চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব B গোলক অপেক্ষা বেশি এবং তা $\frac{3.18}{1.24} = 2.57$ গুণ। **(Ans.)**

ঘ দুটি চার্জিত বস্তুকে কোনো পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে চার্জের প্রবাহের দিক বস্তুদ্বয়ের তড়িৎ বিভবের উপর নির্ভর করে। ধনাত্মক চার্জ অধিক বিভবের বস্তু হতে নিম্ন বিভবের বস্তুতে এবং ঋণাত্মক চার্জ কম বিভবের বস্তু হতে উচ্চ বিভবের বস্তুতে গমন করে।
অর্থাৎ, তড়িৎ প্রবাহের দিক উচ্চ বিভবের বস্তু হতে নিম্ন বিভবের দিকে।
এখন, A গোলকের পৃষ্ঠে বিভব V_A হলে,

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_A} = 9 \times 10^9 \times \frac{10}{(0.5)} = 1.8 \times 10^{11}$$

এখানে,
A গোলকের চার্জ, $q_A = +10$ C
A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_A = 0.5$ m

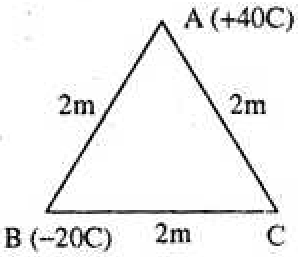
আবার, B গোলকের পৃষ্ঠে বিভব V_B হলে,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{r_B} = 9 \times 10^9 \times \frac{10}{0.8} = 1.125 \times 10^{11} \text{V}$$

এখানে,
B গোলকের চার্জ, $q_B = +10$ C
B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_B = 0.8$ m

যেহেতু A গোলকের বিভব B গোলকের বিভবের চাইতে বেশি। তাই এদেরকে কোনো পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে A গোলক হতে B গোলকের দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৩



[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

ক. তড়িৎ প্রাবল্য কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়ালে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্রে C বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিতে C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান নির্ণয় সম্ভব কিনা – গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\in r$

অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

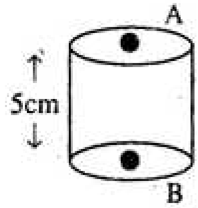
উত্তর: 9×10^{10} V.

ঘ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 1.006×10^{11}N/C

CB এর সাথে 34.7° কোণে।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ মি. এক্স একজন পদার্থবিজ্ঞানের ভাল শিক্ষক। তিনি 0.1cm ব্যাসার্ধের 27টি সমান আকারের পারদ ফোটা নিলেন যার প্রত্যেকটিতে 1μC আধান আছে। তিনি পারদ গুলিকে একত্রিত করে একটি বড় ফোটায় পরিণত করলেন। তারপর তিনি এটিকে একটি সিলিন্ডারের মধ্যে ছেড়ে দিলেন, যার তলদেশে B অবস্থানে একটি চার্জিত শোলার বল ছিল। তিনি পারদ বলটিকে A অবস্থানে ভাসমান থাকতে দেখলেন।



[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. আধানের তল মাত্রিক ঘনত্ব কাকে বলে? ১

খ. চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পারদের বড় ফোটাটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. শোলার বলে কত চার্জ আছে তা গাণিতিক বিশ্লেষণ সহ মতামত দাও। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

খ কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না, সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে।

গাউসের সূত্র হতে, $q = \in_0\oint \vec{E}.d\vec{s}$. গোলকের অভ্যন্তরে চার্জের পরিমাণ শূন্য বলে, $q = 0$

ফলে, $\in_0\oint \vec{E}.d\vec{s} = 0$ বা, $E = 0$.

এজন্য চার্জিত পরিবাহী গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ দেওয়া আছে,

ক্ষুদ্র ফোঁটার ব্যাসার্ধ, $r = 0.1$ cm $= 0.001$ m

ফোঁটার সংখ্যা, $N = 27$

বড় ফোঁটার ব্যাসার্ধ R হলে $\frac{4}{3}\pi R^3 = 27 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

$R = r \times \sqrt[3]{27} = 3r = 3 \times 0.001\text{m} = 0.003$ m

∴ বড় ফোঁটার ধারকত্ব, $C = 4\pi\in_0 R$

$= \frac{1}{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{c}^{-2}} \times 0.003 \text{ m} = \frac{3 \times 10^{-3}}{9 \times 10^9}$ F

$= 0.33 \times 10^{-12}$ F $= 330 \times 10^{-15}$ F

$= 330$ f F (ফেমটো ফ্যারাডে) **(Ans.)**

ঘ কুলম্বীয় বিকর্ষণ বলের দরুন পারদ বলটি A অবস্থানে ভাসতে থাকে।

পারদের বলে চার্জ, $q_1 = 27 \times 1\mu c = 27 \times 10^{-6}$ C

চার্জ দ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, $r = 5$cm $= 0.05$ m

জানা আছে, কুলম্বের ধ্রুবক, $C' = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

বের করতে হবে, শোলার বলে চার্জ, $q_2 = ?$

পারদ ফোঁটার ওজন, $W = mg = V\rho g = \frac{4}{3}\pi R^3\rho g$

$= 1.333 \times 3.1416 \times (0.003\text{m})^3 \times 13600 \text{ kgm}^{-3} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}$

$= 0.0151$ N

এক্ষেত্রে $W = C\frac{q_1q_2}{r^2}$

$\therefore q_2 = \frac{Wr^2}{Cq_1} = \frac{0.0151 \times (0.05)^2}{9 \times 10^9 \times 27 \times 10^{-6}}$

$= 1.553 \times 10^{-10}$ C

$= 155.3 \times 10^{-12}$ C

$= 155.3$ pC

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা গেল যে, শোলার বলে 155.3 pC পরিমাণ চার্জ আছে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ 10^{-3}m ব্যাসার্ধের ৪টি পানির গোলকের প্রত্যেকটিতে সমান ও সমজাতীয় আধান আছে। গোলকগুলো একত্রিত করে একটি বড় গোলকে পরিণত করা হলো। *[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]*

ক. নষ্ট ভোল্ট কাকে বলে? ১

খ. চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্রে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বড় গোলকের ধারকত্ব বের কর। ৩

ঘ. বড় গোলকের বিভব ও ধারকত্ব ছোট গোলকের সাপেক্ষে একই অনুপাতে বৃদ্ধি পাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোষের ভিতর তড়িত প্রবাহ চালনা করলে তড়িচ্চালক শক্তির কিছু অংশ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করতে ব্যয় হয় তাকে হারানো ভোল্ট বা নষ্ট ভোল্ট বলে।

খ চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের [$0 \le r <$ গোলকের ব্যাসার্ধ] যে কোনো গোলীয় তলে মোট ফ্লাক্স, $\varphi = \oint \underline{E}.d\underline{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$\therefore \underline{E} = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ

শর্তানুসারে,

একটি বড় গোলকের আয়তন ৪টি ছোট গোলকের আয়তন

$\therefore \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi r^3 \times 8$

বা, $R^3 = 8r^3$

বা, $R = 2r$

এখানে,
ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ, $r = 10^{-3}m$
বড় ফোঁটার ব্যাসার্ধ, $= R$

বড় গোলকের ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 R$

$= 4 \times 3.1416 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^{-3}$

$= 2.23 \times 10^{-13}F$ **(Ans.)**

ঘ ছোট গোলকের ব্যাসার্ধ r হলে,

ছোট গোলকের ধারকত্ব, $C_r = 4\pi\epsilon_0 r$

বড় গোলকের ব্যাসার্ধ R হলে,

বড় গোলকের ধারকত্ব, $C_R = 4\pi\epsilon_0 R$

এখন, 'গ' হতে আমরা পাই,

$R = 2r$

সুতরাং, $C_R = 4\pi\epsilon_0 (2r)$

$C_R = 2C_r$

অর্থাৎ বড় গোলকের ধারকত্ব ছোট গোলকের ধারকত্বের সাথে সমানুপাতিক হারে বাড়বে।

ছোট গোলকের বিভব, $V = \frac{q}{C_r}$

বড় গোলকের বিভব, $V = \frac{Q}{C_R}$

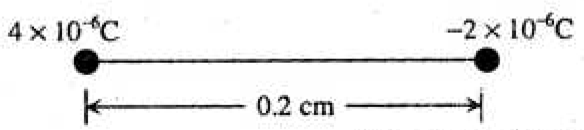
$= \frac{8Q}{2C}$

$\therefore V = 4V$

অতএব, বড় গোলকের বিভব ছোট গোলকের বিভবের সাথে সমাণুপাতিক হারে বাড়বে।

কিন্তু বিভবের ক্ষেত্রে এই বৃদ্ধির অণুপাত ধারকত্বের বৃদ্ধির অনুপাতের দ্বিগুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৬



[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ ও ধারকত্বের মধ্যে সম্পর্ক কী? —ব্যাখ্যা করো। ২

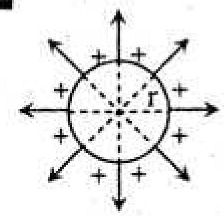
গ. উদ্দীপকের মধ্যবিন্দুতে প্রাবল্য কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকে চার্জদ্বয়ের দূরত্ব 0.1cm কমাতে কি কাজ করতে হবে? ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ



কোন পরিবাহীর চার্জ এর পৃষ্ঠে সুষমভাবে বিন্যস্ত থাকে। তাই পৃষ্ঠের সকল চার্জ-এর কেন্দ্রে পুঞ্জিভূত আছে কল্পনা করলেও এর ক্ষেত্রের (Field) কোন পরিবর্তন হয় না। পৃষ্ঠে অর্থাৎ কেন্দ্র হতে r দূরত্বে

বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r}} = 4\pi\epsilon_0 r$

গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon r$

অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

চার্জদ্বয়ের মান, $q_1 = +4\mu C = 4 \times 10^{-6}C$ এবং

$q_2 = -2\mu C = -2 \times 10^{-6}C$

চার্জদ্বয়ের দূরত্ব, $d = 20cm = 0.2m$

জানা আছে, উদ্দীপকের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্য, E = ?

$q_1 = +4 \times 10^{-6}C$ চার্জের দরুন উক্ত মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.1)^2}$

[প্রান্তীয় অবস্থান হতে মধ্যবিন্দুর দূরত্ব, $r = \frac{d}{2} = \frac{0.2m}{2} = 0.1m$]

$= 3.6 \times 10^6 NC^{-1}$, এর দিক উক্ত বিন্দু থেকে ডান দিকে বরাবর

এবং $q_2 = -2 \times 10^{-6}C$ চার্জের দরুণ উক্ত মধ্য বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{r^2} = 9 \times 10^{-6} \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(0.1)^2}$

$= 1.8 \times 10^6 NC^{-1}$ এর দিক উক্ত বিন্দু থেকে ডান দিকে বরাবর

$\therefore$ নির্ণেয় প্রাবল্য, $E = E_1 + E_2$ [$\because \vec{E_1}$ ও $\vec{E_2}$ সমমুখী]

$= 3.6 \times 10^6 + (1.8 \times 10^6) = 5.4 \times 10^6 NC^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় আধানদ্বয়ের মধ্যকার

বিভবশক্তি, $E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{d}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times (-2 \times 10^{-6})}{0.2} = -0.36 J$

এদের মধ্যকার দূরত্ব 10cm কমাতে অর্থাৎ নতুন দূরত্ব d' = 20 cm − 10 cm

10 cm করা হলে চার্জদ্বয়ের মধ্যকার বিভবশক্তি, E_p'

$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{d'} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times (-2 \times 10^{-6})}{0.1}$

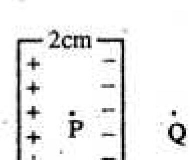
$= -0.72 J$

$\therefore$ এদেরকে 10cm দূরত্বে আনতে কাজ করতে হবে $= E_p - E_p'$

$= -0.36 J - (-0.72J) = 0.36J$

প্রশ্ন ▶ ৫৭ উদ্দীপকের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নের উত্তর দাও।

প্রতিটি পাতের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $1.5 \times 10^6 mm^2$ এবং দুই পাতে প্রদত্ত বিভব পার্থক্য 60V.



[আনন্দ মোহন কলেজ, ময়মনসিংহ]

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. একটি ধারকের গায়ে $2.5\mu F$ এবং $(220–250)V$ লেখা এর অর্থ কী? ২

গ. প্রত্যেক পাতের চার্জ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে P ও Q বিন্দুতে প্রাবল্যের মান ও দিক কিরূপ হবে? বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ কোনো ধারকের গায়ে $2.5\ \mu F$ এবং $(220–250)V$ লেখার অর্থ ধারকটির 1V বিভব বৃদ্ধি করতে $2.5\mu C$ চার্জ প্রয়োজন এবং ধারকটিতে সর্বোচ্চ $(220 - 250)V$ ডিসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা যায়।

গ দেওয়া আছে,

প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 1.5 \times 10^6\ mm^2$

$= 1.5 \times 10^6 \times 10^{-6}\ m^2 = 1.5m^2$

পাতদ্বয়ের দূরত্ব, $d = 2cm = 0.02m$

পাতদ্বয়ের মধ্যকার বিভবপার্থক্য, $V = 60V$

বের করতে হবে, প্রত্যেক পাতের চার্জ, $Q = ?$

আমরা জানি, $Q = CV = \frac{\epsilon_0 A}{d} V = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 1.5}{0.02} \times 60$

$= 3.9843 \times 10^{-8}C$ (Ans.)

ঘ যেহেতু পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফলের তুলনায় এদের মধ্যকার দূরত্ব নগণ্য, সুতরাং পাতদ্বয়ের মাঝে যেকোনো অবস্থানে প্রাবল্যের মান, $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ এবং দিক হবে ধনাত্মক পাত হতে ঋণাত্মক পাতের দিকে। প্রাবল্যের উক্ত মান, $E = \frac{Q}{\epsilon_0 A} = \frac{3.9843 \times 10^{-8}}{8.854 \times 10^{-12} \times 1.5m^2}$

$= 3000NC^{-1}$

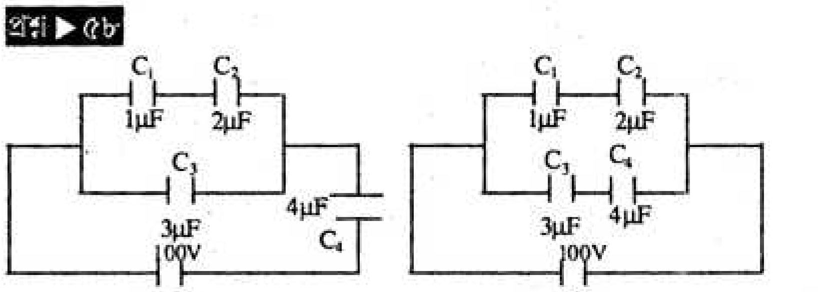
$\therefore$ P বিন্দুতে প্রাবল্যের মান $3000NC^{-1}$ বা $3000Vm^{-1}$ এবং দিক হবে ধনাত্মক হতে ঋণাত্মক পাতের দিকে।

পাতদ্বয়ে সমান ও বিপরীত চার্জ থাকায় পাতদ্বয়ের বাইরের কোনো ক্ষেত্র দ্বারা আবদ্ধ চার্জ, $q = +Q - Q = 0$

গাউসের সূত্র, $\varphi = \frac{q}{\epsilon} = \int \bar{E}.d\bar{s}$ হতে, $q = 0$ হলে, $Q = 0$ ও $E = 0$

Q বিন্দুটি বাইরে অবস্থান করায় (পাতদ্বয়ের মাঝে নয়) Q বিন্দুর অবস্থানে কোনো বলরেখা নেই এবং Q বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৮



বর্তনী-১ বর্তনী-২

[ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল কী নির্দেশ করে-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনী-১ এর তুল্য ধারকত্ব কত? ৩

ঘ. অধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য কোন বর্তনীটি উপযোগী গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ কোনো গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ r এবং ধারকত্ব C হলে,

$C = 4\pi\epsilon_0 r$

ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল হয় $4\pi\epsilon_0$ যা একটি ধ্রুবক এবং মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের 4π গুণ।

গ দেওয়া আছে, বর্তনী-১ এর ধারক সমূহ $C_1 = 1\mu F$,

$C_2 = 2\mu F$, $C_3 = 3\mu F$, $C_4 = 4\mu F$

C_1 ও C_2 শ্রেণিতে যুক্ত আছে বিধায় এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে

$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$

$\therefore C_s = \frac{2}{3}\mu F$

C_s ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত আছে বিধায় এদের তুল্য ধারকত্ব,

$C_p = C_s + C_3 = \frac{2}{3}\mu = F + 3\mu F = \frac{11}{3}\mu F$

C_p ও C_4 শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় বর্তনীর সর্বমোট ধারকত্ব C_{eq} হলে,

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_4} = \frac{3}{11} + \frac{1}{4} = \frac{12 + 11}{44} = \frac{23}{44}$

$\therefore C_{eq} = \frac{44}{23}\mu F$ (Ans.)

ঘ যেহেতু উভয় বর্তনীর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য একই (100V)

তাই $E = \frac{1}{2}CV^2$ সূত্রানুসারে যে বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব বেশি মানের সেটি অধিক শক্তি সঞ্চয় করতে পারবে।

বর্তনী-১ এর তুল্য ধারকত্ব, $C_{eq} = \frac{44}{23}\mu F = 1.913\mu F$ ('গ' হতে পাই)

এবার বর্তনী-২ এর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করি।

এখানে, $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = 2\mu F$, $C_3 = 3\mu F$, $C_4 = 4\mu F$

C_1 ও C_2 শ্রেণিতে থাকায় এদের তুল্যরোধ, $C_{s_1} = \frac{2}{3}\mu F$ (গ অংশে নির্ণীত)

C_3 ও C_4 শ্রেণিতে থাকায় এদের তুল্যরোধ C_{s_2} হলে,

$\frac{1}{C_{s_2}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{3\mu F} + \frac{1}{4\mu F} = \frac{4 + 3}{12\ \mu F} = \frac{7}{12\ \mu\ F}$

$\therefore C_{s_2} = \frac{12}{7}\mu F$

C_{s_1} ও C_{s_2} সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ তথা সামগ্রি বর্তনীর তুল্যরোধ, $C_{eq} = C_{s_1} + C_{s_2} = \frac{2}{3}\mu\ F + \frac{12}{17}\mu\ F$

$= \frac{34 + 36}{51}\mu F = \frac{70}{51}\mu F = 1.37\ \mu\ F$

লক্ষ করি, $1.913\ \mu F > 1.37\mu F$

বা, $C_{eq} > C'_{eq}$

সুতরাং অধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য বর্তনী-১ বেশি উপযোগী।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ একটি সুষম তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য $\vec{E} = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k})$ NC^{-1} ক্ষেত্রটি YZ তলের সাথে $50m^2$ অঞ্চলে এর প্রভাব প্রদর্শন করে। ক্ষেত্রের মধ্যের আধান 10cm ব্যাসার্ধ ও $2\mu F$ ধারকত্বের একটি গোলকের পরিধিতে স্থাপন করা হলো।

[বরিশাল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, বরিশাল]

ক. সুষম তড়িৎ ক্ষেত্র কাকে বলে? ১

খ. সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২

গ. YZ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ ফ্লাক্স কত? ৩

ঘ. গোলকে কোন শক্তি সঞ্চিত থাকবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে প্রাবল্যের মান সমান ও অভিমুখ একই হয় তাকে সুষম তড়িৎক্ষেত্র বলে।

খ সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্বের রাশিমালা থেকে আমরা দেখতে পাই,

$C = \frac{\in A}{d}$

এর থেকে দেখা যায় যে, ধারকের ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফল A এর সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা $\in$ এর সমানুপাতিক এবং পাত দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব d এর ব্যস্তানুপাতিক। এই তিনটি বিষয়ের উপর সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব নির্ভর করে।

গ এখানে,

তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য, $\vec{E} = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k})\ NC^{-1}$

YZ তলের ক্ষেত্রফল, $A = 50\ \hat{i}m^2$

তড়িৎ ফ্লাক্স, $\varphi = ?$

আমরা জানি, $\varphi = \int \vec{E}.\ \vec{ds} = \vec{E}.\ \vec{S}$

বা, $\varphi = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k}).\ (50\ .\hat{i})$

$\therefore \varphi = 150\ Nm^2C^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,

তড়িত প্রাবল্য, $\vec{E} = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k})\ NC^{-1}$

$\therefore |\vec{E}| = \sqrt{3^2 + 2^2 + 6^2} = 7NC^{-1}$

তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রবেশ্যতা, $\in_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2m^2N^{-1}$

মনে করি, একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, K

আমরা জানি, $K = \frac{1}{2} \in_0 E^2$

বা, $K = \frac{1}{2} \times 8.854 \times 10^{-12} \times 7^2$

$\therefore K = 2.17 \times 10^{-10}\ Jm^{-3}$

$\therefore$ গোলকে মোট সঞ্চিত শক্তি, $E = KV = K \times \frac{4}{3}\pi r^3$

$= 2.17 \times 10^{-20} \times \frac{4}{3}\pi \times (0.1)^3$

$= 9.1 \times 10^{-23} J$

সুতরাং গোলকে শক্তি সঞ্চিত হবে এবং সঞ্চিত শক্তির মান $9.1 \times 10^{-23} J$

প্রশ্ন ▶৬০ 200V/m নিম্নমুখী তড়িৎক্ষেত্রে 4g ভরের একটি বল সুতা দিয়ে ঝুলিয়ে দেয়া আছে। বলটি $-2\mu C$ চার্জে চার্জিত।

[এম.সি. কলেজ, সিলেট]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরুর সংজ্ঞা লিখো। ১

খ. গোলাকার ধারকের শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব সেন্টিমিটারের প্রকাশিত ব্যাসার্ধের সমান— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত সুতার টান নির্ণয় করো $(g = 10ms^{-2})$ ৩

ঘ. যদি বলটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত হত এবং সুতার সর্বোচ্চ টানসহন ক্ষমতা 0.04N হয়, তবে এ অবস্থায় কী ঘটবে নির্ণয় করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ গোলাকার ধারকের শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব, C হলে,

$C = 4\pi\in_0 r$

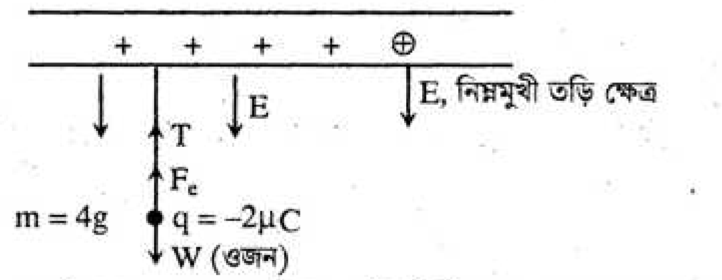
CGS এককে $\in_0 = \frac{1}{4\pi}$ এবং এর কোনো একক নেই।

$\therefore C = 4\pi \times \frac{1}{4\pi} r$

বা, $C = r$

$\therefore$ CGS এককে শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব গোলকের সেন্টিমিটারে প্রকাশিত ব্যাসার্ধের সমান।

গ



বলটিতে চার্জ ঋণাত্মক বলে তড়িৎ বল ঊর্ধ্বমুখী এবং এর মান, $F_e = |q|E$

যেহেতু বলটি স্থির তাহলে এর উপর নিট বল শূন্য অর্থাৎ $\Sigma F = 0$

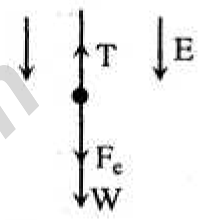
$\therefore$ তারে টান, T হলে,

$W - T - F_e = 0$ [নিচের দিককে ধনাত্মক ধরে]	এখানে,
বা, $T = W - F_e$	বস্তুর ভর, m = 4g $= 4 \times 10^{-3}$ kg
$= mg - \|q\|E$	তড়িৎ ক্ষেত্র, E = 200 V/m

$= 4 \times 10^{-3} \times 10 - 2 \times 10^{-6} \times 200$

$= 0.0396$ N **(Ans.)**

ঘ বলটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত হলে বলটির ওপর তড়িৎ বল নিম্নমুখী হত।



এক্ষেত্রে তড়িৎ বল, $F_e = qE$

এবং তারের ওপর মোট টান, $T = W + F_e$

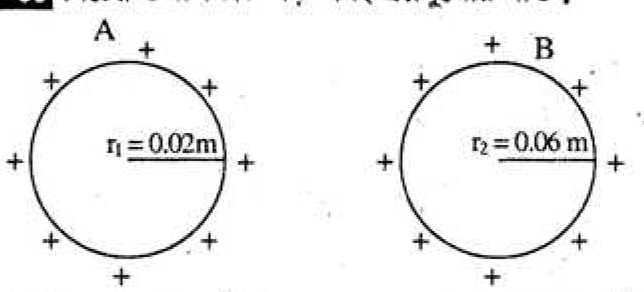
$= mg + qE$

$= 4 \times 10^{-3} \times 10 + 2 \times 10^{-6} \times 200$

$= 0.0404$ N

কিন্তু এটি উক্ত তারের সর্বোচ্চ টানসহন ক্ষমতা 0.04 N অপেক্ষা বেশি। ফলে তারটি ছিঁড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶৬১ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর দাও :



$Q_1 = 2.5 \times 10^{-9}C$ $Q_2 = 5 \times 10^{-9}C$

[জয়পুরহাট সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. কোন প্রক্রিয়াকে সম এন্ট্রপি বলে? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোষ্ণ রেখার মধ্যে কোনটি বেশি খাড়া — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত গোলকদ্বয়ের তলমাত্রিক ঘনত্বের তুলনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত গোলকদ্বয়কে পরস্পর সংস্পর্শে আনা হলে কোন গোলক, কী পরিমাণ চার্জ দিবে না নিবে— গাণিতিক যৌক্তিকতাসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপের আদান-প্রদান হয় না বলে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়াকে সম-এনট্রপি প্রক্রিয়া বলে।

খ রুদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোষ্ণ রেখার মধ্যে রুদ্ধতাপীয় রেখাটি বেশি খাড়া।

আমরা জানি, একটি রেখা কত খাড়া সেটি বোঝা যায় রেখাটির ঢাল তথা অনুভূমিক অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ দ্বারা। যে রেখা যত বেশি

খাড়া তার ঢাল তত বেশি। PV লেখচিত্রের কোনো বিন্দুতে ঢাল পরিমাপ করা হয় ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক X অক্ষের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার ট্যানজেন্ট অর্থাৎ $\frac{dP}{dV}$ দ্বারা।

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার সমীকরণ, $PV = RT$.

বা, $PdV + VdP = 0$

বা, $\left(\frac{dP}{dV}\right)_{iso} = -\frac{P}{V}$ [∵ তাপমাত্রা, T = ধ্রুব]

আবার, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সমীকরণ, $PV^{\gamma} = constant$

বা, $P^{\gamma}.V^{\gamma-1}.dV + V^{\gamma}dP = 0$

বা, $V^{\gamma}dP = P^{\gamma}.V^{\gamma}.V^{-1}.dV$

বা, $\left(\frac{dP}{dV}\right)_{adia} = \gamma\left(\frac{-P}{V}\right)$

∴ রুদ্ধতাপীয় রেখার ঢাল = γ × সমোষ্ণ রেখার ঢাল

রুদ্ধতাপীয় রেখার $\frac{dP}{dV}$ এর মান সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি তাই রুদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখার চেয়ে γ গুণ বেশি খাড়া।

গ দেওয়া আছে,

A গোলক পৃষ্ঠে আধানের পরিমাণ, $Q_1 = 2.5 \times 10^{-9}C$

A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.02m$

A গোলক পৃষ্ঠে আধানের পরিমাণ, $Q_2 = 5 \times 10^{-9}C$

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 0.06m$

ধরি, A ও B গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব যথাক্রমে σ_1 ও σ_2

বের করতে হবে, গোলকদ্বয়ের তলমাত্রিক ঘনত্বের অনুপাত, $\sigma_1 : \sigma_2 = ?$

আমরা জানি, $\sigma_1 = \frac{Q_1}{4\pi r_1^2}$

এবং $\sigma_2 = \frac{Q_2}{4\pi r_2^2}$

∴ $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{Q_1}{Q_2}\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$

বা, $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{2.5 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-9}} \times \left(\frac{0.06}{0.02}\right)^2 = 4.5$

∴ $\sigma_1 = 4.5\,\sigma_2$

∴ A গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব B গোলকের 4.5 গুণ। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

A গোলক পৃষ্ঠে আধান, $Q_1 = 2.5 \times 10^{-9}C$

B গোলক পৃষ্ঠে আধান, $Q_2 = 5 \times 10^{-9}C$

A গোলক ব্যাসার্ধ $r_1 = 0.02m$

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 0.06$ m

A ও B গোলকের পৃষ্ঠে বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B হলে,

$V_A = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1}{r_1} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.5 \times 10^{-9}}{0.02} = 1125V$

এবং $V_B = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_2}{r_2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-9}}{0.06} = 750$ V

দেখা যাচ্ছে, A গোলকের পৃষ্ঠের বিভব B গোলকের পৃষ্ঠের বিভব অপেক্ষা বেশি। সুতরাং, A ও B গোলকদ্বয়কে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হলে A গোলকটি চার্জ দিবে এবং B গোলকটি চার্জ নিবে। এখন ধরি, এই আদান-প্রদানকৃত চার্জের পরিমাণ q এবং এই q পরিমাণ চার্জ আদান-প্রদান করে A ও B উভয় গোলকের বিভব সমান (V) হয়।

∴ $V = 9 \times 10^9\,\frac{Q_1 - q}{r_1} = 9 \times 10^9\,\frac{Q_2 + q}{r_2}$

বা, $\frac{Q_1 - q}{r_1} = \frac{Q_2 + q}{r_2}$

বা, $\frac{2.5 \times 10^{-9} - q}{0.02} = \frac{5 \times 10^{-9} + q}{0.06}$

বা, $2.5 \times 10^{-9} - q = \frac{5 \times 10^{-9} - q}{3}$

বা, $7.5 \times 10^{-9} - 3q = 5 \times 10^{-9} - q$

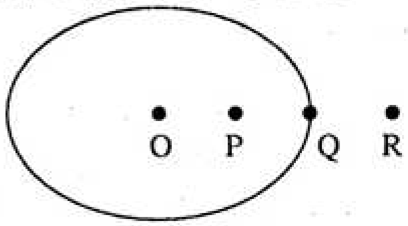
বা, $2q = 2.5 \times 10^{-9}$

বা, $q = \frac{2.5 \times 10^{-9}}{2}$

∴ $q = 1.25 \times 10^{-9}$ C

সুতরাং A ও B গোলকদ্বয়কে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হলে, A গোলকটি $1.25 \times 10^{-9}C$ চার্জ দিবে অপরদিকে B গোলকটি উক্ত চার্জ গ্রহণ করবে।

প্রশ্ন ▶ ৬২ চিত্রে O কেন্দ্র ও 12 cm ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট 12 μC চার্জে সুষমভাবে চার্জিত একটি গোলাকার পরিবাহী বিবেচনা করা হলো। শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা $8.85 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$



OP = 8cm;
QR = 6cm

[নরসিংদী মডেল কলেজ]

ক. বর্ণালী কি? ১

খ. তড়িৎ প্রাবল্যের অভিমুখে ধনাত্মক চার্জের সরণে বিভব হ্রাস পায়– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গোলকের পৃষ্ঠকে গাউসীয়ান তল বিবেচনা করে মোট তড়িৎ ফ্লাক্স নির্ণয় কর। ৩

ঘ. P, Q, R বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করে এর পরিবর্তন লেখচিত্রের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমে প্রতিসরণের ফলে যৌগিক আলোর বিচ্ছুরণের জন্য মূল রঙের যে পট্টি পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে।

খ তড়িৎ বলরেখা ধনাত্মক চার্জ থেকে বের হয় এবং ঋণাত্মক চার্জে গিয়ে শেষ হয়। অর্থাৎ তড়িৎ বলরেখার অভিমুখ উচ্চতর বিভব থেকে নিম্নতর বিভবের দিকে। তাই তড়িৎক্ষেত্রে কোনো ধনাত্মক চার্জ স্থাপন করলে তা ক্ষেত্রের প্রভাবে উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে গমন করে। আর তাই চার্জের বিভব হ্রাস পায়। গাণিতিকভাবে দেখানো যায় যে, + q চার্জের তড়িৎক্ষেত্রের $\vec{r}$ দূরত্বে প্রাবল্য :

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^3}\vec{r}$, $\vec{r}$ বহির্মুখী এবং তা প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করে। প্রাবল্যের অভিমুখে একক ধনাত্মক চার্জকে r_1 থেকে r_2 দূরত্বে $(r_2 > r_1)$ সরাতে কৃতকাজ বা বিভব পার্থক্য $V_2 - V_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_1}$

$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$; যেহেতু $r_2 > r_1$

∴ $V_2 - V_1 < 0$; তাই তড়িৎ প্রাবল্যের অভিমুখে ধনাত্মক চার্জের সরণে বিভব হ্রাস পায়।

গ

গাউসের সূত্রানুযায়ী,

$\varphi = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$

∴ $\varphi = \frac{q}{\epsilon_0}$

$= \frac{12 \times 10^{-6}}{8.854 \times 10^{-12}}$

$= 1355319.63\ NC^{-1}m^2$ **(Ans.)**

এখানে,
গোলকের ব্যাসার্ধ, r = 12 cm
= 0.12 m
চার্জ, q = 12 μC
$= 12 \times 10^{-6}C$

ঘ এখানে, P বিন্দুর দূরত্ব, $r_P = 8cm$
$= 0.08m$
Q বিন্দুর দূরত্ব, $r_Q = 12\ cm$
$= 0.12\ m$
R বিন্দুর দূরত্ব, $r_R = r_Q + QR$
$= (12 + 6)\ cm$
$= 0.18\ m$

P, Q, R বিন্দুতে গাউসের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$\phi_{\epsilon_0} = \int \vec{E}_P . d\vec{S}_P = \frac{0}{\epsilon_0} = 0 \therefore E_P = 0$

[∵ গোলকের অভ্যন্তরে কোন চার্জ থাকে না; থাকে শুধু পৃষ্ঠে]

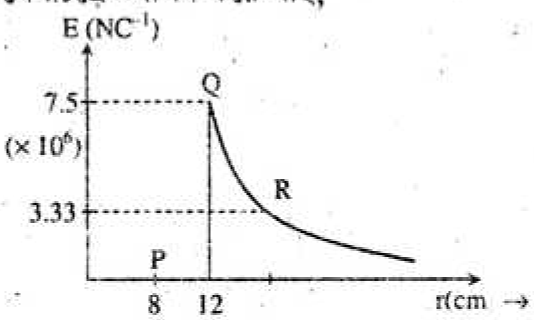
$\phi_{\epsilon_0} = \int \vec{E}_Q . d\vec{S}_Q = \frac{q}{\epsilon_0}$

বা, $E_Q = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_Q^2}$
$= 7.5 \times 10^6\ NC^{-1}$

$\phi_{\epsilon_0} = \int \vec{E}_R . d\vec{S}_R = \frac{q}{\epsilon_0}$

বা, $E_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_R^2}$
$= 3.33 \times 10^6\ NC^{-1}$

মানগুলোকে লেখচিত্রে স্থাপন করে পাই,



প্রশ্ন ▶ ৬৩ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

$10^{-2}m^2$ ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি সমান্তরাল পাত ধারক সম্পূর্ণ চার্জিত অবস্থায় 6 volt বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করে। পাতদ্বয়ের মধ্যে 6.28 মাধ্যমাংকের মাইকা প্রবেশ করালে ধারকটি বায়ু মাধ্যমে 0.5m ব্যাসার্ধের একটি গোলকীয় ধারকের ন্যায় আচরণ করে।

[মহসীন হাজী মহসীন সরকারি কলেজ]

ক. $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ সমীকরণটি দ্বারা কি পরিমাপ করা হয়। ১

খ. সুষম তড়িৎক্ষেত্রে তড়িৎ প্রাবল্যের দিক পৃষ্ঠের সাথে লম্ব বরাবর ব্যাখ্যা কর। ২

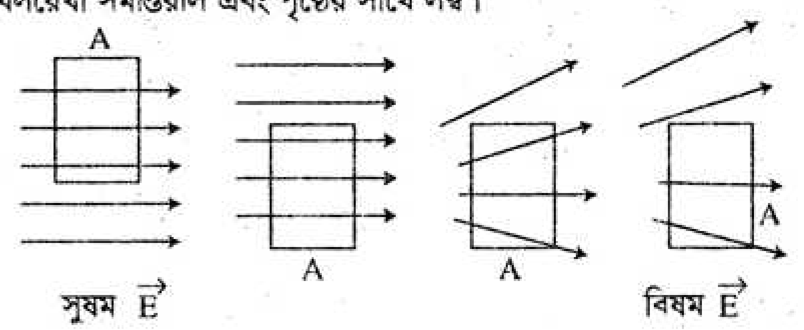
গ. মাইকা প্লেটের পুরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকে মাইকা প্লেট দেওয়ায় তড়িৎ ক্ষেত্র কমেছে -এই উক্তিটি যাচাই কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক q_1 চার্জ দ্বারা সৃষ্ট তড়িৎক্ষেত্রের r_2 দূরত্বের কোনো বিন্দু হতে r_1 দূরত্বের কোনো বিন্দুতে q_2 ধনাত্মক আধানকে আনতে কৃতকাজ তথা ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য।

খ সুষম তড়িৎক্ষেত্রের যে কোনো স্থানে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ বলরেখার সংখ্যা সমান। এ কারণে উক্ত ক্ষেত্রের সকল বলরেখা সমান্তরাল এবং পৃষ্ঠের সাথে লম্ব।



পৃষ্ঠের সাথে লম্ব না হলে বিভিন্ন স্থানে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে গমনকারী তড়িৎ বলরেখার সংখ্যা সমান হবে না (২য় চিত্রের ন্যায়) ফলে তা সুষম তড়িৎক্ষেত্র হবে না।

গ 0.5m ব্যাসার্ধের গোলকের ধারকত্ব C হলে,

$C = 4\pi\epsilon_0 r$
$= \frac{1}{9 \times 10^9} \times 0.5$
$= 5.56 \times 10^{-11}F$

এখন, মাইকার পুরুত্ব d হলে,

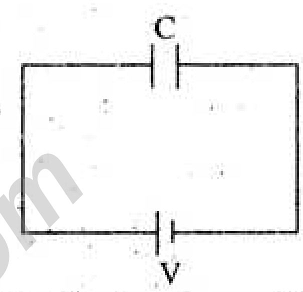
$C = \frac{\epsilon_m A}{d}$

বা, $d = \frac{K\epsilon_0 A}{C}$

এখানে,
পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 10^{-2}m^2$
মাইকার তড়িৎ মাধ্যমাংক, $K = 6.28$

$= \frac{6.28 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 10^{-2}}{5.56 \times 10^{-11}}$
$= 0.01\ m$
$= 1\ cm$ **(Ans.)**

ঘ



কোনো ধারকের মাধ্যম পরিবর্তন করে K তড়িৎ মাধ্যমাংকের মাধ্যম দিলে উক্ত ধারকের ধারকত্ব বৃদ্ধি পাবে।

বায়ু মাধ্যমের ক্ষেত্রে $C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

মাইকা প্লেটের ক্ষেত্রে, $C_2 = \frac{K\epsilon_0 A}{d} = KC_1$

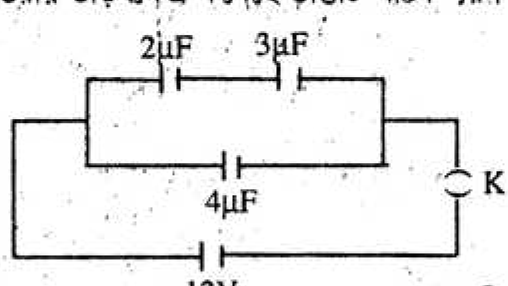
এ অবস্থায় নির্দিষ্ট বিভব পার্থক্যে এদের যুক্ত করলে C_2 তে সঞ্চিত চার্জ Q_2 ও C_1 এ সঞ্চিত চার্জ Q_1 হলে,

$Q_2 = C_2V = KC_1V$
ও $Q_1 = C_1V$
$\therefore Q_2 = KQ_1$

অর্থাৎ, বায়ুর পরিবর্তে মাইকা প্লেট দিলে ধারকত্ব বেড়ে যাওয়ায় চার্জ বেড়ে যাবে, কিন্তু বিভব পার্থক্য V একই থাকায় তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{V}{d}$ ও একই থাকবে।

অর্থাৎ তড়িৎ প্রাবল্য হ্রাস পাবে না। উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকে মাইকা প্লেট দেওয়ায় তড়িৎক্ষেত্র কমেছে উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬৪



[এম সি কলেজ, সিলেট]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে প্রদর্শিত ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব ফ্যারাডে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'উদ্দীপকে প্রদর্শিত ধারক সমবায়ে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ কিংবা সর্বনিম্ন চার্জ সঞ্চিত হবে না'— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ দেখাও। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ শ্রেণিতে যুক্ত 2μF ও 3μF ধারকত্বের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$$

$$\therefore C_s = \frac{6}{5}\mu F$$

এ তুল্য ধারক 4μF ধারকত্বের ধারকের সাথে সমান্তরালে আছে। সমান্তরালে যুক্ত $\frac{6}{5}\mu F$ ও 4μF ধারকত্বের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = \frac{6}{5} + 4 = 5.2\ \mu F \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' থেকে পাই, ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব, $C_{eq} = 5.2\mu F$

$\therefore$ বর্তনীতে সঞ্চিত চার্জ, $Q_{eq} = C_{eq}V = 5.2 \times 10^{-6} \times 12 = 6.24 \times 10^{-5}$ C

যখন ধারক সমবায়ে ধারকসমূহ সমান্তরালে যুক্ত থাকে, তখন তুল্য ধারকত্ব সর্বোচ্চ এবং চার্জও সর্বোচ্চ হয়।

2μF, 3μF ও 4μF ধারকত্বের ধারকগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব, $C_{cep} = 2 + 3 + 4 = 9\mu F$

এ সময় সঞ্চিত চার্জ, $Q_{eqp} = C_{eqp}V = 9 \times 10^{-6} \times 12 = 1.08 \times 10^{-4}$ C

আবার, ধারকগুলোকে শ্রেণিতে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব সর্বনিম্ন ও সঞ্চিত চার্জও সর্বনিম্ন হয়।

শ্রেণিতে যুক্ত অবস্থায় 2, 3, 4μF ধারকত্বের ধারকগুলোর তুল্য ধারকত্ব, C_{eqs} হলে,

$$\frac{1}{C_{eqs}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{6+4+3}{12} = \frac{13}{12}$$

$$\therefore C_{eqs} = \frac{12}{13} = 0.923\ \mu F$$

এ সময় সঞ্চিত চার্জ $Q_{eqs} = C_{eqs}V = 0.923 \times 10^{-6} \times 12 = 1.11 \times 10^{-5}$ C

$\therefore C_{eqs} < C_{eq} < C_{eqp}$

অর্থাৎ উদ্দীপকে ধারক সমবায়ে সঞ্চিত চার্জ সম্ভাব্য সর্বোচ্চ বা সর্বনিম্ন চার্জের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶৬৫ রবিন একটি গবেষণায় একটি চার্জিত ধাতব গোলক পরিবাহী ব্যবহার করে যার চার্জের পরিমাণ 20C ও ব্যাসার্ধ 12cm।

[নরসিংদী সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. তড়িৎ বিভব কী? ১

খ. "চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ প্রবাল্য শূন্য" ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির পৃষ্ঠে ও কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব কেমন হবে? যথাযথ বিশ্লেষণ কর। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বিভব হচ্ছে আহিত পরিবাহকের বৈদ্যুতিক অবস্থা যা অন্য আহিত পরিবাহকের সাথে তড়িৎগতভাবে সংযুক্ত করলে পরিবাহক আধান দেবে না নেবে। অথবা, তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে আনতে কৃতকাজকে তড়িৎ বিভব বলে।

খ চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেম করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের [0 ≤ r < গোলকের ব্যাসার্ধ] যে কোনো গোলীয় তলে মোট ফ্লাক্স, $\varphi = \oint \underline{E}d\underline{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$\therefore \underline{E} = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ দেওয়া আছে,

গোলকের চার্জ, Q = 20C

ব্যাসার্ধ, $r = 12cm = 12 \times 10^{-2}m$

ধারকত্ব, C = ?

আমরা জানি, $C = 4\pi\epsilon_0 r$

$= (4 \times 3.14 \times 8.854 \times 10^{-11} \times 12 \times 10^{-2})F$

$= 1.33 \times 10^{-10}F$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

গোলকের চার্জ, Q = 20C

ব্যাসার্ধ, r = 12cm $= 12 \times 10^{-2}m$

গোলকটির পৃষ্ঠে বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r} = 9 \times 10^9 \times \frac{20}{12 \times 10^{-2}} V = 1.5 \times 10^{12}$ V

যখন কোনো ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলককে আহিত করা হয়, তখন সাম্যাবস্থায় সকল চার্জ উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে অবস্থান করে।

গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0 \int \vec{E}.\vec{ds}$ হতে পাই, যেহেতু, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ নেই তাই, q = 0

$\therefore E = 0$

অর্থাৎ, গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য। আবার, $E = -\frac{dV}{dx}$

অর্থাৎ, তড়িৎ প্রাবল্য হলো দূরত্বের সাপেক্ষে তড়িৎ বিভবের পরিবর্তনের হারের সমান। তাই তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হওয়ার অর্থ হলো উক্ত স্থানে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে। এ কারণে চার্জিত ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে ও তা পৃষ্ঠের তড়িৎ বিভবের মানের সমান।

অতএব, গোলকের কেন্দ্রে বিভব = পৃষ্ঠে বিভব $= 1.5 \times 10^{12}$ V

পদার্থবিজ্ঞান

দ্বিতীয় অধ্যায় : স্থির তড়িৎ

৪১. কুলম্বের সূত্রের সমানুপাতিক ধ্রুবকের মান কত?
ক $9\times10^{9}Nm^{-2}C^{2}$
খ $9\times10^{9}Nm^{2}C^{-2}$
গ $8.854\times10^{-12}C^{2}N^{-1}m^{-2}$
ঘ $2\times10^{-7}Nm^{-1}$ — খ

৪২. শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা— [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]
ক $8.854\times10^{-12}C^{2}N^{-1}m^{-2}$
খ $9\times10^{9}Nm^{2}C^{-2}$
গ $8.854\times10^{-12}Nm^{2}C^{-2}$
ঘ $8.854\times10^{-10}C^{2}m^{2}N^{-1}$ — ক

৪৩. নিচের কোনটি ε_0 এর একক?
ক $CN^{-1}m^{-2}$ খ $C^{2}N^{-1}m^{-2}$
গ $C^{2}N^{-1}m^{-1}$ ঘ $C^{2}N^{-1}m^{2}$ — খ

৪৪. কুলম্বের সূত্রের ভেক্টর রূপ কোনটি?
ক $\vec{F}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\vec{r}$ খ $\vec{F}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^3}\vec{r}$
গ $\vec{F}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^3}\vec{r}$ ঘ $\vec{F}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r}\vec{r}$ — গ

৪৫. বায়ুর আপেক্ষিক ভেদনযোগ্যতা কত? [সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম]
ক 1 খ 1.5
গ 1.0005 ঘ 1.69 — গ

৪৬. বায়ুতে 4C ও 5C দুটি চার্জের মধ্যে দূরত্ব অসীম হলে এদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল কত? (প্রয়োগ)
ক 0 খ $9\times10^{9}N$
গ $9\times10^{-9}N$ ঘ $180\times10^{-9}N$ — ক

৪৭. দুটি পাতলা চার্জিত শিটের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্যের রাশিমালা—[সিরাজগঞ্জ সরকারি কলেজ, সিরাজগঞ্জ]
ক $2\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ খ $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
গ $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ঘ 0 — গ

৪৮. বায়ুতে $5\times10^{-4}C$ এবং $8\times10^{-4}C$ দুটি চার্জের মধ্যে দূরত্ব 2m হলে এদের একে অপরের ওপর কত বল প্রয়োগ করবে? (প্রয়োগ)
ক 300 N খ 600 N
গ 900 N ঘ 1200 N — গ

৪৯. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে কী বলে? (জ্ঞান)
ক তড়িৎ প্রভাব খ তড়িৎ প্রাবল্য
গ তড়িৎ বল ঘ তড়িৎ বিভব — খ

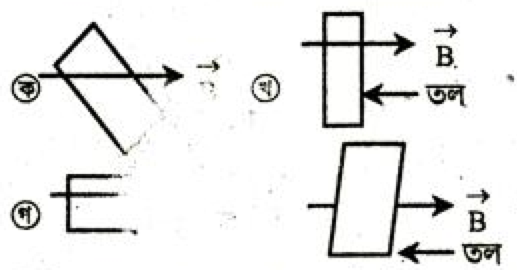
৫০. একটি দ্বিপোলের জন্য তড়িৎ প্রাবল্য কীরূপে পরিবর্তিত হয়?
ক r^{-1} খ r^{-2}
গ r^{-3} ঘ r^{-4} — গ

৫১. 2.58×10^{-10} C মানের আধানের ওপর 1.35N বল প্রয়োগকারী তড়িৎক্ষেত্রের মান কত? (প্রয়োগ)
ক $5.13\times10^{9}NC^{-1}$ খ $5.23\times10^{9}NC^{-1}$
গ $5.33\times10^{9}NC^{-1}$ ঘ $5.43\times10^{9}NC^{-1}$ — খ

৫২. পরস্পর হতে 1.5m দূরে অবস্থিত $3\times10^{-6}C$ ও $4\times10^{-6}C$ একটি বিন্দু চার্জের সংযোগ রেখার ঠিক মধ্যবিন্দুর প্রাবল্য কত? (প্রয়োগ)
ক $1.12\times10^{3}NC^{-1}$ খ $11.2\times10^{3}NC^{-1}$
গ $16\times10^{3}NC^{-1}$ ঘ $112\times10^{3}NC^{-1}$ — গ

৫৩. $2\sqrt{2}m$ বাহুবিশিষ্ট একটি বর্গক্ষেত্রের চার কোণায় $2\times10^{-9}C$ চার্জ আছে উহার কেন্দ্রে বিভব কত? [অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল]
ক 33V খ 34V
গ 35V ঘ 36V — ঘ

৫৪. কোন ক্ষেত্রে ফ্লাক্স সর্বাধিক? (উচ্চতর দক্ষতা)
ক খ গ ঘ



— খ

৫৫. সমবিভব তলের কোনো দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য— [আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (জ্ঞান)
ক শূন্য খ অসীম
গ এক ভোল্ট ঘ দুই ভোল্ট — ক

৫৬. তড়িৎ দ্বি-মেরুর ভ্রামকের একক কী? [ঢাকা কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক Am খ Cm
গ Cm^{-1} ঘ Am^{-1} খ

৫৭. পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6500km। এর ধারকত্ব কত? [অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল] (জ্ঞান)
ক 614μF খ 640μF
গ 722μF ঘ 711F গ

৫৮. একটি পরিবাহকের ধারকত্ব 40F। এতে কত আধান প্রদান করলে এর বিভব 8V হবে? (প্রয়োগ)
ক 300C খ 320C
গ 340C ঘ 360C ক

৫৯. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব নিচের কোনটি হলে বলরেখাগুলো বেশি ও সমান্তরাল হবে? (প্রয়োগ)
ক 100 cm খ 5 cm
গ 1 cm ঘ 0.5 cm ঘ

৬০. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের বৃত্তাকার আকৃতির পাতদ্বয়ের ব্যাসার্ধ দ্বিগুণ করা হলে ধারকত্ব পূর্বের তুলনায় কত গুণ হবে? (প্রয়োগ)
ক $\frac{1}{2}$ খ 2
গ 4 ঘ 8 গ

৬১. 5μF, 10μF এবং 15μF এর তিনটি ধারক শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত রয়েছে। এদের তুল্য ধারকত্ব কত? (প্রয়োগ)
ক 2.73μF খ 3.73μF
গ 7.32μF ঘ 30μF ক

৬২. কোন ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য (জ্ঞান)
ক গতিশীল চার্জের ক্ষেত্রে
খ স্থির চার্জের ক্ষেত্রে
গ সব ধরনের চার্জের ক্ষেত্রে
ঘ বিস্তৃত আহিত বস্তুর ক্ষেত্রে খ

৬৩. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক — (উচ্চতর দক্ষতা)
i. দুটি আধানের যে কোনো একটি আধানের পরিমাণ এবং উহাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলের সমান
ii. এর অভিমুখ ঋণ চার্জ হতে ধন চার্জের দিকে
iii. এর অভিমুখ ধন চার্জ হতে ঋণ চার্জের দিকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

৬৪. তড়িৎ দ্বিমেরু লম্ব দ্বিখণ্ডক রেখার— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. যে কোনো বিন্দুতে বিভব শূন্য
ii. বরাবর ধনাত্মক চার্জকে সরাতে কোনো কাজ করতে হয় না
iii. বরাবর ঋণাত্মক চার্জকে সরাতে সম্পাদিত কাজ $P = q \times 2\ell$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

৬৫. নিস্তড়িৎ কাচদণ্ডকে নিস্তড়িৎ রেশমি কাপড় দ্বারা ঘর্ষণ করা হলে— (অনুধাবন)
i. কাচদণ্ড ধনাত্মক চার্জে চার্জিত হয়
ii. রেশমি কাপড়ে ইলেকট্রনের আধিক্য ঘটে
iii. রেশমি কাপড়ে ধনাত্মক চার্জ উৎপন্ন হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

৬৬. কোনো পরিবাহকের ধারকত্ব 5F বলতে বুঝায় ঐ পরিবাহকের— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. বিভব 1V বাড়াতে 5C চার্জের প্রয়োজন
ii. চার্জের পরিমাণ 1C বাড়ালে এর বিভব 5V বাড়বে
iii. মুক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা 3.12×10^{19} পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে এর বিভব 1V পরিমাণ কমবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii খ

৬৭. সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব নির্ভর করে— (অনুধাবন)
i. পাতের ক্ষেত্রফলের ওপর
ii. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের ঘনত্বের ওপর
iii. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের ওপর
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii খ

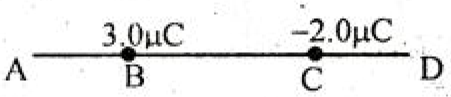
৬৮. **সমান্তরাল পাত ধারকের ক্ষেত্রে—** [সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর] (উচ্চতর দক্ষতা)
i. বিভব পার্থক্য স্থির থাকে
ii. চার্জ পরিবর্তিত হয়
iii. ধারকত্ব স্থির থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৬৯. **একটি চার্জিত ধারকের শক্তি নির্ভর করে—** [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর] (অনুধাবন)
i. ধারকের ধারকত্বের ওপর
ii. ধারকে সঞ্চিত চার্জের ওপর
iii. ধারকের দুই পাতের বিভব পার্থক্যের ওপর
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৭০. **$6\mu F$ এবং $12\mu F$ ধারকত্বের দুটি ধারক শ্রেণিবদ্ধভাবে সংযুক্ত করা হলো। এদের দুপ্রান্ত 100V এর একটি ব্যাটারির সাথে যুক্ত করলে—** (প্রয়োগ)
i. সঞ্চিত মোট শক্তির পরিমাণ হবে 0.04J
ii. সমবায়টি $400\mu C$ চার্জ গ্রহণ করবে
iii. তুল্য ধারকত্ব হবে $4\mu F$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **গ**

৭১. **পরিবর্তনশীল ধারকে—**(অনুধাবন)
i. এর ধারকত্ব প্রয়োজনমত হ্রাস-বৃদ্ধি করা যায়
ii. এর বিভব 20 kV পর্যন্ত হতে পারে
iii. কতকগুলো পরস্পর সংযুক্ত অর্ধবৃত্তাকার সমান্তরাল পাত স্থির অবস্থায় থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **খ**

AD রেখার B ও C বিন্দুতে $3.0\mu C$ ও $-2.0\mu C$ মানের ২টি চার্জ আছে। যদি BC এর মধ্যবর্তী দূরত্ব 10 cm হয়, তবে উদ্দীপকের আলোকে **৭২ ও ৭৩** নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৭২. **BC রেখার ঠিক মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ বিভব কত ভোল্ট হবে?** [সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া] (প্রয়োগ)
ক 1.8×10^5 V খ 1.8×10^2 V
গ 1.8×10^3 V ঘ 9.0×10^5 V **ক**

৭৩. **যে বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য পাওয়া যাবে, সেটি কোথায় অবস্থিত?** [সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া] (উচ্চতর দক্ষতা)
ক A ও B এর মাঝে খ B ও C এর মাঝে
গ C ও D এর মাঝে ঘ কোনটিই নয় **গ**

নিচের উদ্দীপকটি পড়ো এবং ৭৪ ও ৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
একটি গোলাকার ধাতব পরিবাহীর ব্যাসার্ধ 12 cm। এটিকে প্রথমে বায়ুতে এবং পরে অপর একটি মাধ্যমে রাখা হলো।

৭৪. **বায়ুতে পরিবাহীটির ধারকত্ব কত?** (প্রয়োগ)
ক 11.34 pF খ 12.34 pF
গ 13.34 pF ঘ 14.34 pF **গ**

৭৫. **২য় মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক 1.2 হলে এখানে ঐ গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব কত?** (প্রয়োগ)
ক 13.6 pF খ 14.8 pF
গ 16 pF ঘ 17.2 pF **গ**

উদ্দীপকটি পড়ো এবং ৭৬-৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
নাদিম বাজার থেকে $15\mu F$ এর একটি ক্যাপাসিটর কিনলো। এটিতে সে চার্জ প্রদান করে এর বিভব 6V-এ উন্নীত করলো।

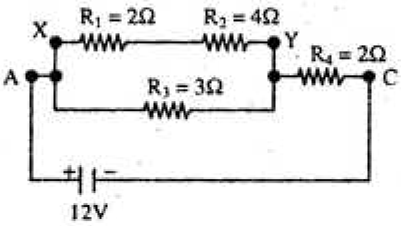
৭৬. **উক্ত চার্জিতকরণে ক্যাপাসিটারটি কত স্থিতিশক্তি ধারণ করলো?** (প্রয়োগ)
ক $90\mu J$ খ $180\mu J$
গ $270\mu J$ ঘ $360\mu J$ **গ**

৭৭. **ক্যাপাসিটারটিতে এবার অতিরিক্ত $210\mu J$ শক্তি প্রদান করলে এর বিভবের মান কত হবে?** (প্রয়োগ)
ক 2V খ 4V
গ 6V ঘ 8V **ঘ**

৭৮. **ক্যাপাসিটারটি** (উচ্চতর দক্ষতা)
i. তে $90\mu C$ চার্জ প্রদান করেছেন
ii. $270\ \mu J$ স্থিতি শক্তি ধারণ করলে
iii. তে $220\mu J$ শক্তি প্রদান করলে এর বিভব 8V হবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ক**

অধ্যায়-৩: চল তড়িৎ

প্রশ্ন ▶ ১ নিচের বর্তনীটি খেয়াল করো:



$R_1 = R_4 = 2\Omega$

$R_2 = 4\Omega; R_3 = 3\Omega.$ *[ঢা. বো. ২০১৭]*

ক. গাউসের সূত্রটি লিখ। ১

খ. কোনো বর্তনীর বিভব পার্থক্য ও তড়িচ্চালক বল একই নয় কেন, ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. AC অংশের ভোল্টেজ কারেন্ট লেখচিত্র এবং XY অংশের ভোল্টেজ কারেন্ট লেখচিত্র মানসহ খাতায় অংকন করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের ϵ_0 গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ বর্তনীর কোনো এক বিন্দু হতে 1 কুলম্ব চার্জকে কোষ সমেত সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনা হলে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে কোষের তড়িচ্চালক বল বলে। অপরদিকে, তড়িৎ ক্ষেত্র বা তড়িৎ বর্তনীর এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে 1 কুলম্ব চার্জ স্থানান্তর করতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্য বলে। বর্তনীতে তড়িচ্চালক বল, বিভব পার্থক্য অপেক্ষা বেশি হয়। কারণ, কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের জন্য কোষে কিছু বিভব পতন ঘটে। অর্থাৎ, বর্তনীর তড়িচ্চালক বল = বর্তনীর বিভব পার্থক্য + অভ্যন্তরীণ বিভব পতন। ফলে, কোনো বর্তনীর বিভব পার্থক্য ও তড়িচ্চালক বল এক হয় না।

গ দেওয়া আছে,

$R_1 = 2\Omega$

$R_2 = 4\Omega$

$R_3 = 3\Omega$

$R_4 = 4\Omega$

তড়িচ্চালক বল, $E = 12V$

বের করতে হবে, বর্তনীর প্রবাহ মাত্রা, $I = ?$

উদ্দীপক অনুসারে, R_1 ও R_2 রোধদ্বয় সিরিজে যুক্ত হয়ে R_3 এর সাথে সমান্তরাল সমবায় গঠন করে এবং R_1, R_2 ও R_3 এর সমবায় R_4 এর সাথে শ্রেণীতে যুক্ত হয়।

$\therefore$ বর্তনীর তুল্য রোধ,
$$\begin{aligned} R &= \{(R_1 + R_2) || R_3\} + R_4 \\ &= \{(2+4) || 3\} + 2 \\ &= (6^{-1} + 3^{-1})^{-1} + 2 \\ &= 2 + 2 \\ &= 4\Omega \end{aligned}$$

$\therefore$ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ,
$$\begin{aligned} I &= \frac{E}{R + r} \\ &= \frac{12}{4 + 0} \quad \text{[অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 0 ধরে]} \\ &= 3A \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ "গ" অংশ হতে পাই, বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = 3A$

উদ্দীপকের বর্তনী অনুসারে,

কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ শূন্য হওয়ায়,

AC অংশের ভোল্টেজ, V_1 = বর্তনীর কোষের তড়িচ্চালক বল = 12V

আবার, XY অংশের ভোল্টেজ = AC অংশের ভোল্টেজ $-R_4$ রোধে বিভব পতন

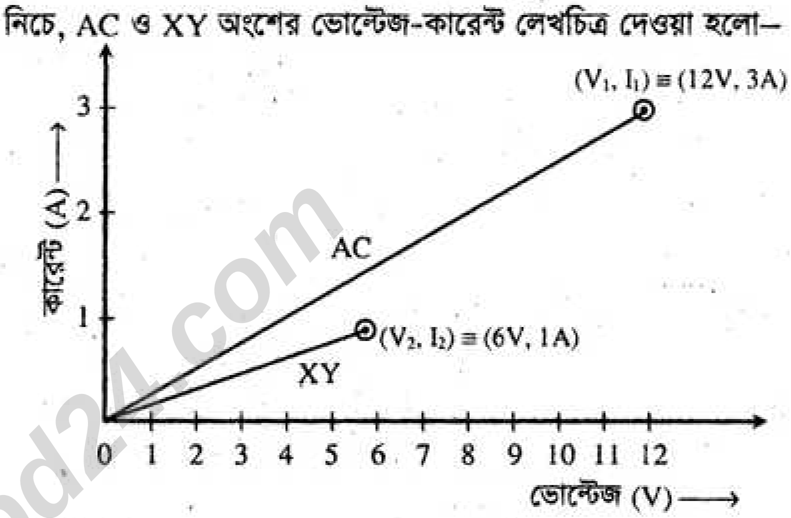
$$\begin{aligned} \text{বা, } V_2 &= V_1 - IR_4 \\ &= 12 - 3 \times 2 \\ &= 6V \end{aligned}$$

XY অংশে R_1 ও R_3 রোধদ্বয় শ্রেণীযুক্ত হওয়ায়,

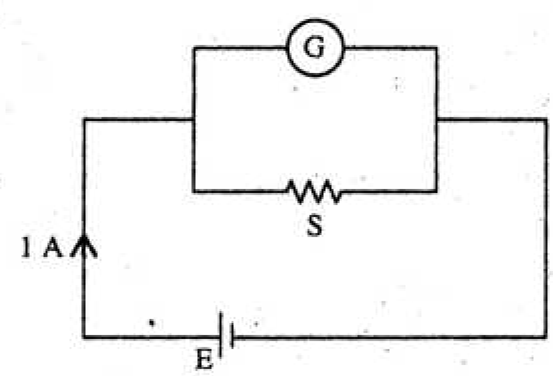
উক্ত অংশের তুল্য রোধ, $R_S = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6\Omega$

$\therefore$ XY অংশের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,
$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V_2}{R_S} \\ &= \frac{6}{6} \\ &= 1A \end{aligned}$$

নিচে, AC ও XY অংশের ভোল্টেজ-কারেন্ট লেখচিত্র দেওয়া হলো–



প্রশ্ন ▶ ২



পরীক্ষাগারে হারুন 100 Ω রোধ এবং 10 mA পাল্লার গ্যালভানোমিটার নিয়ে কাজ করার সময় উপরে অঙ্কিত বর্তনীর ন্যায় সজ্জিত করল। এই সময় শিক্ষক তাকে গ্যালভানোমিটারটিকে 10 A পাল্লার অ্যামিটারে রূপান্তর করতে বলায় সে গ্যালভানোমিটারের সজ্জায় কিছু পরিবর্তন আনল। *[ঢা. বো. ২০১৬]*

ক. তড়িচ্চালক বল কাকে বলে? ১

খ. নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার না করার কারণ কি? ২

গ. বর্তনীর S এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. শিক্ষকের কথায় হারুন গ্যালভানোমিটারের বর্তনী সজ্জায় যে পরিবর্তন এনেছিল তা ব্যাখ্যা কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে উৎসের তড়িচ্চালক বল বলে।

খ সীসা ও টিনের (সীসা 75% এবং টিন 25%) সংমিশ্রণে তৈরি একটি সরু তারকে নিরাপত্তা ফিউজ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এ তারের গলনাঙ্ক কম (প্রায় 300°C)। তারের মধ্য দিয়ে অতিরিক্ত তড়িৎ

প্রবাহিত হলে তারটি গরম হয়ে উঠে এবং তা গলে গিয়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়। মূলত গলনাঙ্ক কমাবার জন্য নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার করা হয় না।

গ এখানে, মূল প্রবাহ, $i = 1$ A

গ্যালভানোমিটার রোধ, $G = 100\ \Omega$

গ্যালভানোমিটার প্রবাহ, $i_g = 10$ mA $= 10^{-2}$ A ,

সান্ট রোধ, $S = ?$

আমরা জানি, গ্যালভানোমিটার প্রবাহ,

$$i_g = \frac{S}{G+S} \times i$$

বা, $10^{-2}\ \text{A} \times (G+S) = S \times 1\ \text{A}$

বা, $G + S = 100 \times S$

বা, $99\ \text{S} = 100\ \Omega$

$\therefore$ S = 1.01 Ω **(Ans.)**

ঘ এখানে, মূল প্রবাহ, $i = 10$ A

গ্যালভানোমিটার রোধ, $G = 100\ \Omega$

গ্যালভানোমিটার প্রবাহ, $i_g = 10$ mA $= 10^{-2}$ A

সান্ট রোধ, $S' = ?$

হারুন গ্যালভানোমিটারের বর্তনী সজ্জার পরিবর্তন দুভাবে করতে পারে—

(i) সান্টটি পরিবর্তন করতে পারে

সান্টের মান পরিবর্তন করে S' মানের সান্ট ব্যাবহার করলে

আমরা জানি, গ্যালভানোমিটার প্রবাহ,

$$i_g = \frac{S'}{G+S'} \times i$$

বা, $10^{-2}\ \text{A} \times (G+S') = S' \times 10\ \text{A}$

বা, $G + S' = 1000 \times S'$

বা, $999\ S' = 100\ \Omega$

$\therefore S' = 0.1\ \Omega$

(ii) আরো একটি সান্ট ব্যবহার করতে পারে।

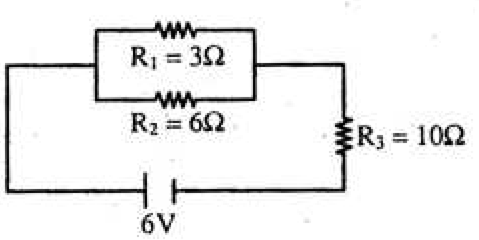
প্রদত্ত বর্তনীর গ্যালভানোমিটার ও সান্টকে একত্রে একটি অ্যামিটার বিবেচনা করলে এর পাল্লা হবে 1 A এবং তুল্য রোধ হবে,

$$R = \frac{GS}{G+S} = \frac{100\ \Omega \times 1.01\ \Omega}{100\ \Omega + 1.01\ \Omega} = 0.9999\ \Omega$$

এখন অ্যামিটারের পাল্লা 10 A করতে হলে এ পাল্লা হবে আদি পাল্লার 10 গুণ অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধির সূত্র থেকে জানি, এর সাথে যুক্ত সান্ট রোধ,

$$S_1 = \frac{0.9999\ \Omega}{10-1} = 0.1111\ \Omega$$

প্রশ্ন ▶ ৩



[দি. বো. ২০১৬]

ক. শান্ট কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎপ্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয় — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. R_3 এর সাথে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে এর ভিতর দিয়ে R_1 এর সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে শান্ট বলে।

খ তড়িৎ প্রবাহের ফলে মুক্ত ইলেকট্রনসমূহ যখন পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে গমন করে তখন এদের সাথে অণু-পরমাণুসমূহের সংঘর্ষে ঘটে বলে এদের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় যা তাপরূপে দেখা দেয়। এ কারণেই তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ দেওয়া আছে,

বর্তনীর রোধসমূহ, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 10\Omega$

বের করতে হবে, বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = ?$

R_1 ও R_2 সমান্তরালে যুক্ত বিধায় এদের তুল্যরোধ R_P হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega} = \frac{2+1}{6\Omega} = \frac{3}{6\Omega}$$

$$\therefore\ R_P = \frac{6\Omega}{3} = 2\Omega$$

R_P এর সাথে R_3 শ্রেণিতে যুক্ত, এদের তুল্যরোধ, $R_S = R_P + R_3 = 2\Omega + 10\Omega = 12\Omega$

সুতরাং বর্তনীর তুল্যরোধ = 12Ω **(Ans.)**

ঘ বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{6V}{12\Omega} = 0.5A$

R_1 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $I_1 = I\frac{R_2}{R_1+R_2} = 0.5A \times \frac{6\Omega}{3\Omega + 6\Omega} = \frac{1}{3}$ A

R_3 এর মধ্য দিয়ে 0.5A প্রবাহের বদলে $\frac{1}{3}$A প্রবাহ যেতে হলে,

R_3 এর সমান্তরালে একটি রোধ যুক্ত করতে হবে। মনে করি, এই রোধের মান R

$$\therefore\ \frac{1}{3}A = \frac{R}{R_3 + R} \times 0.5A$$

বা, $\frac{R_3 + R}{R} = \frac{0.5A}{{}^1/_3A} = 1.5$

বা, $1 + \frac{R_3}{R} = 1.5$

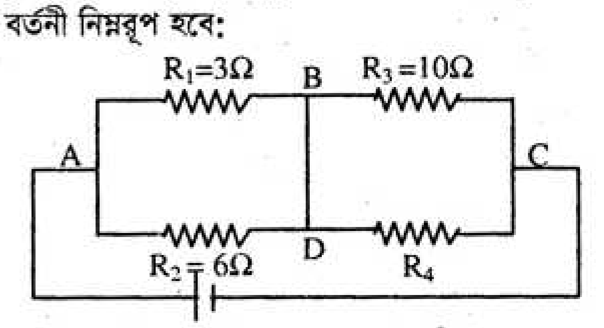
বা, $\frac{R_3}{R} = 0.5$

$$\therefore\ R = \frac{R_3}{0.5} = \frac{10\Omega}{0.5} = 20\Omega$$

সুতরাং R_3 এর সাথে 20Ω মানের রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে এর ভিতর দিয়ে R_1 এর সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে।

বিকল্প: R_3 এর সাথে শ্রেণিতে কোনো রোধ যুক্ত করলে, R_1 এবং R_3 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ সমান হবে না, কারণ R_3 এর মধ্যদিয়ে মূল প্রবাহ যাবে এবং R_1 এর মধ্য দিয়ে আংশিক প্রবাহ যাবে।

সুতরাং R_3 এর সাথে (ধরি, R_4) রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে। সেক্ষেত্রে বর্তনী নিম্নরূপ হবে:



R_1 ও R_3 এর মধ্যদিয়ে একই মানের প্রবাহ অতিক্রম করলে BD অংশে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

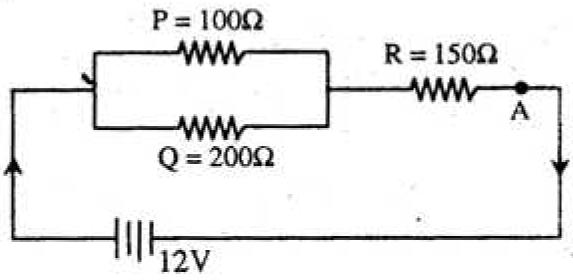
সেক্ষেত্রে R_1, R_2, R_3, R_4 রোধগুলো মিলে হুইটস্টোন ব্রীজ তৈরি হবে।

$$\therefore\ \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$\therefore\ R_4 = \frac{R_2}{R_1}R_3 = \frac{6\Omega}{3\Omega} \times 10\Omega = 20\Omega$$

সুতরাং R_3 এর সাথে 20Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪



/রা. বো. ২০১৭/

ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কী? ১

খ. হারানো ভোল্ট বলতে কী বোঝায়? ২

গ. বর্তনীর A বিন্দুতে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন রোধকটি অপসারণ করলে বর্তনীর মোট প্রবাহ সর্বোচ্চ হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণ সহকারে দেখাও। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চার্জেরও একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান আছে— যা অপেক্ষা কম মানের চার্জ পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোনো চার্জিত বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম চার্জের অখণ্ড গুণিতক। একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি একটি অংশ $V' = Ir = E - IR$ যা কোষের ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করতে ব্যয়িত হয় তাকে হারানো ভোল্ট বলে। কেননা তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন ভোল্টামিটারের সাহায্যে কোনো কোষের দুই পাতের বিভব পার্থক্য পরিমাণ করা হলে যুক্ত অবস্থার বিভব পার্থক্যের চেয়ে এই পরিমাণ বিভব পার্থক্য কম পাওয়া যায়। প্রবাহ যত বেশি হবে হারানো ভোল্টও তত বেশি হবে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

১ম রোধ, $P = 100\Omega$
২য় রোধ, $Q = 200\Omega$
৩য় রোধ, $R = 150\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12V$
A বিন্দুতে প্রবাহমাত্রা, $I = ?$

P ও Q রোধদ্বয় সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{P} + \frac{1}{Q}$$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{2+1}{200}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{3}{200}$

$\therefore R_p = 66.67\Omega$

এখন, R_p ও R শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকায়

তাদের তুল্য রোধ, $R_s = R_P + R$
$= 66.67 + 150$
$= 216.67\Omega$

আমরা জানি,

$$I = \frac{E}{R_s} = \frac{12}{216.67} = 0.055A \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

১ম রোধ, $P = 100\Omega$
২য় রোধ, $Q = 200\Omega$
৩য় রোধ, $R = 150\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12V$

P রোধ অপসারণ করলে, Q ও R রোধদ্বয় শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকবে, সেক্ষেত্রে তুল্য রোধ,

$R_{s_1} = Q + R = 200 + 150 = 350\Omega$

প্রবাহমাত্রা, $I_1 = \frac{12}{350} A = 0.034A$

Q রোধ অপসারণ করলে P ও R রোধদ্বয় শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকবে, সেক্ষেত্রে তুল্য রোধ,

$R_{s_2} = P + R = 100 + 150 = 250\Omega$

প্রবাহমাত্রা, $I_2 = \frac{12}{250} A = 0.048A$

R রোধ অপসারণ করলে P ও Q রোধদ্বয় সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত থাকবে, সেক্ষেত্রে তুল্য রোধ,

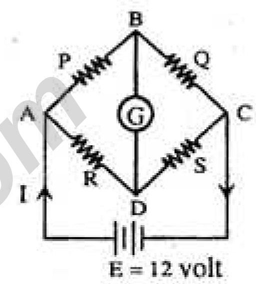
$R_p = 66.67\Omega$ ('গ' অংশ থেকে প্রাপ্ত)।

প্রবাহমাত্রা, $I_3 = \frac{12}{66.67} A = 0.18A$

লক্ষ্যকরি, $I_3 > I_1 > I_2$

অতএব, R রোধটি অপসারণ করলে বর্তনীর মোট প্রবাহ সর্বোচ্চ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫



চিত্রে হুইটস্টোন ব্রীজের চার বাহুর রোধ যথাক্রমে $P = 8\Omega$, $Q = 12\Omega$, $R = 18\Omega$ এবং $S = 22\Omega$. /রা. বো. ২০১৬/

ক. আপেক্ষিক রোধ কী? ১

খ. তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক $32.95 \times 10^{-8} kgC^{-1}$ বলতে কী বুঝায়? ২

গ. চতুর্থ বাহুতে কত রোধ কিভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হবে? ৩

ঘ. বর্তনী হতে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন করলে ABC পথে ও ADC পথে তড়িৎপ্রবাহ সমান হবে কিনা যাচাই কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 32.95×10^{-8} kgC^{-1} বলতে বোঝায় তামাঘটিত কোন দ্রবণের মধ্য দিয়ে এক কুলম্ব আধান (বা এক অ্যাম্পিয়ার প্রবাহ এক সেকেন্ড ধরে) পাঠালে তড়িৎদ্বারে 32.95×10^{-8} kg তামা জমা হবে।

গ এখানে,

$P = 8\Omega$
$Q = 12\Omega$
$R = 18\Omega$
$S = 22\Omega$

ধরি চতুর্থ বাহুর রোধ S' হলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হবে।

আমরা জানি,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S'}$$

বা, $\frac{8}{12} = \frac{18}{S'}$

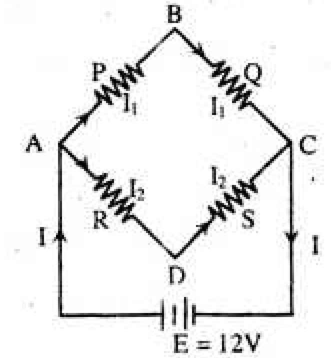
$\therefore S' = 27\Omega$

∴ যেহেতু $S' > S$ সেহেতু ধরি, চতুর্থ বাহুতে S_1 রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হবে।

$$\therefore S' = S + S_1$$
বা, $27 = 22 + S_1$
বা, $S_1 = 27 - 22$
$\therefore S_1 = 5\Omega$

সুতরাং চতুর্থ বাহুতে 5Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হবে। **(Ans.)**

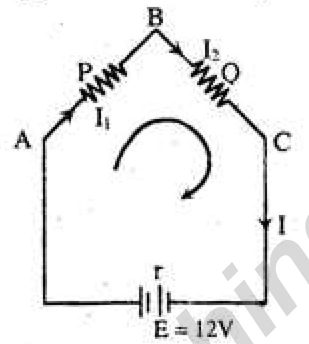
ঘ বর্তনী হতে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন করলে নতুন বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ :



এখানে,
$P = 8\Omega$
$Q = 12\Omega$
$R = 18\Omega$.
$S = 22\Omega$
বর্তনীর মোট প্রবাহ = I
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 12 V

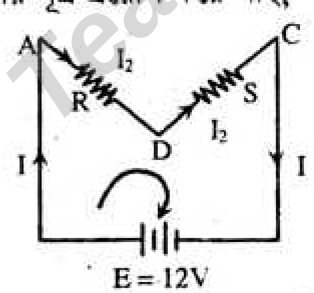
ধরি, ABC পথে তড়িৎপ্রবাহ = I_1
এবং ADC পথে তড়িৎপ্রবাহ = I_2
কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ r খুব ছোট বলে r এর মান শূন্য ধরা যায়।
$\therefore r = 0$

এখন, ABCEA বর্তনীতে কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,



$I_1P + I_1Q + Ir = E$
বা, $8I_1 + 12I_1 + I \times 0 = 12$
বা, $20I_1 = 12$
বা, $I_1 = \frac{12}{20}$
বা, $I_1 = \frac{3}{5}$A
$\therefore I_1 = 0.6$A

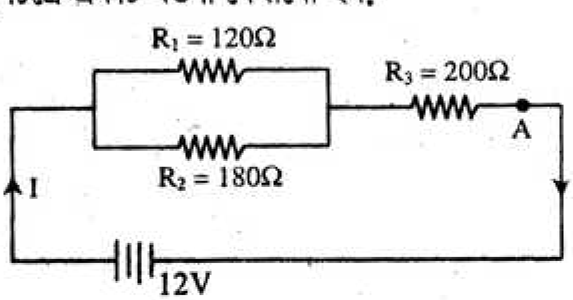
আবার, ADCEA বর্তনীতে কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,



$I_2R + I_2S + Ir = E$
বা, $18I_2 + 22I_2 + I \times 0 = 12$
বা, $40I_2 = 12$
বা, $I_2 = \frac{12}{40}$
বা, $I_2 = \frac{3}{10}$A
$\therefore I_2 = 0.3$A

এখানে, $I_1 \neq I_2$
সুতরাং বর্তনী হতে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন করলে ABC পথে ও ADC পথে তড়িৎপ্রবাহ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬ চিত্রে একটি বর্তনী দেখানো হল:



[দি. বো. ২০১৭]

ক. মিটার ব্রীজ কী? ১
খ. হারানো ভোল্ট বলতে কী বোঝায়? ২
গ. 'A' বিন্দুতে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন রোধটি অপসারণ করলে বর্তনীর মোট প্রবাহ সর্বোচ্চ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

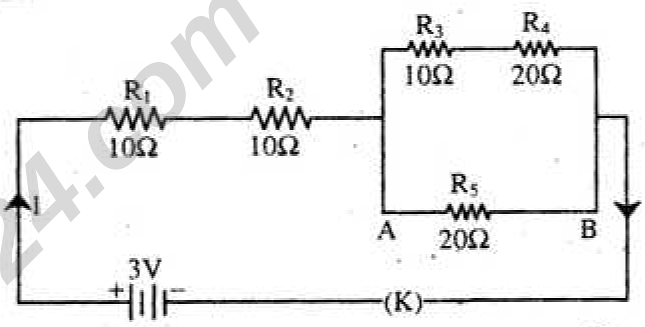
ক যে যন্ত্র দ্বারা এক মিটার লম্বা সুষম প্রস্থচ্ছেদের একটি তারকে কাজে লাগিয়ে হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি ব্যবহার করে অজানা রোধ নির্ণয় করা হয় তাই মিটার ব্রীজ।

খ কোনো কোষের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক পাতদ্বয়ের মধ্যকার যে বিভিন্ন পদার্থ তড়িৎ প্রবাহের বিরুদ্ধে বাধার সৃষ্টি করে তাকে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে। আর এই অভ্যন্তরীণ রোধ অতিক্রম করতে কোষের তড়িচ্চালক শক্তির যে অংশ ব্যয় হয় তাকে অভ্যন্তরীণ বিভব পতন বা হারানো ভোল্ট বলে।

গ ৪(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\frac{3}{68}$A

ঘ ৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 200 Ω রোধ অপসারণ করলে।

প্রশ্ন ▶ ৭



[দি. বো. ২০১৩]

ক. এনট্রপি কী? ১
খ. কোনো স্থানের বিনতি 33°S বলতে কী বোঝায়? ২
গ. বর্তনীর তুল্যরোধ বের কর। ৩
ঘ. বর্তনীর R_5 রোধসমেত AB বাহু অপসারণ করলে তড়িৎপ্রবাহের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেমের যে তাপগতীয় ধর্ম ধ্রুব থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ কোনো স্থানের বিনতি 33°S বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে ভারকেন্দ্র থেকে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক শলাকার অক্ষ স্থির অবস্থায় অনুভূমিক তলের সাথে 33° কোণ করে আনত থাকবে এবং শলাকাটির দক্ষিণ মেরু নিচের দিকে ঝুঁকে থাকবে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 32Ω।

ঘ উদ্দীপকে প্রদর্শিত অবস্থায়, বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ,

$$I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{3V}{32\Omega} = 0.09375A$$

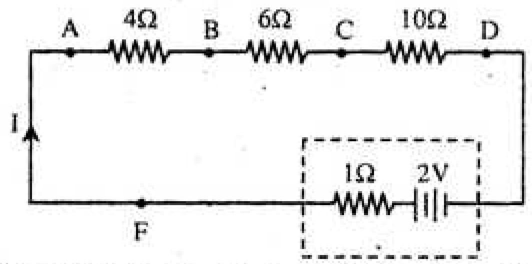
বর্তনীর R_5 রোধসমেত AB বাহু অপসারণ করলে,

তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$
$= 10\Omega + 10\Omega + 10\Omega + 20\Omega = 50\Omega$

এবং বর্তনীর পরিবর্তিত তড়িৎপ্রবাহ, $I' = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{3V}{50\Omega} = 0.06A$

∴ তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন (হ্রাস) = $I - I'$
$= 0.09375A - 0.06A$
$= 0.03375A$

প্রশ্ন ▶ ৮



চিত্রের বর্তনীর মোট প্রবাহ I, C ও F বিন্দুতে 6Ω রোধ যুক্ত করলে বর্তনীর মোট প্রবাহ I_1 হয়। C ও F বিন্দুর রোধটি বিচ্ছিন্ন করে ঐ রোধটিকে 10Ω এর সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর প্রবাহ হয় I_2।

◀ শিখনফল: ৫ ও ৬/কু. বো. ২০১৭/

ক. জুলের রোধের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. কির্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি $\sum IR + \sum E = 0$ আকারে লিখলে কোন বর্তনীর লুপে সূত্রটি প্রয়োগের ক্ষেত্রে IR ও E এর চিহ্নের নিয়ম কিরূপ হবে? ২

গ. চিত্রের বর্তনীর 4Ω রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কত হবে? ৩

ঘ. $I > I_1 > I_2$ হতে পারে কি না গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক তোমার মতামত দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রবাহ এবং প্রবাহকাল অপরিবর্তিত থাকলে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উদ্ভূত তাপ পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক হয়।

খ কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগের ক্ষেত্রে বর্তনী পরিভ্রমণের সময় যেকোনো একটি দিককে পছন্দ করে নিতে হয়। কির্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি $\sum IR + \sum E = 0$ আকারে লিখলে, বর্তনী পরিভ্রমণের সময় কোনো রোধকে যদি তার তড়িৎ প্রবাহের দিক থেকে অতিক্রম করতে হয় সেক্ষেত্রে প্রবাহ ও রোধের গুণফল IR কে ধনাত্মক এবং বিপরীত দিক থেকে অতিক্রমের ক্ষেত্রে ঋণাত্মক ধরতে হয়, আবার তড়িৎ উৎসকে অতিক্রমের ক্ষেত্রে যদি উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে যেতে হয় সেক্ষেত্রে তড়িচ্চালক বলকে ধনাত্মক এবং বিপরীত দিক থেকে অতিক্রমের ক্ষেত্রে ঋণাত্মক ধরতে হয়।

গ চিত্রে বর্তনীর মোট তুল্যরোধ, $R_s = 4 + 6 + 10 = 20\Omega$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 1\Omega$

কোষের বিভব, $E = 2V$

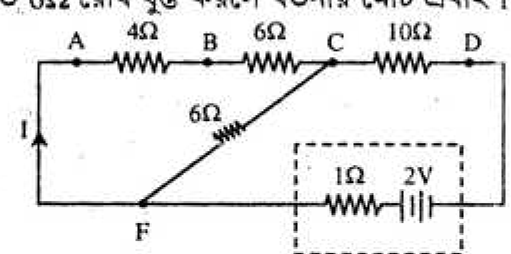
$\therefore$ মূল তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_s + r} = \frac{2}{20 + 1} = 0.095A$

$\therefore$ 4Ω রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V = 0.095 \times 4V$

$= 0.381$ V **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = 0.095A$ [(গ) নং হতে]

C ও F বিন্দুতে 6Ω রোধ যুক্ত করলে বর্তনীর মোট প্রবাহ I_1।



সেক্ষেত্রে মোট তুল্য রোধ,

$R = \{(4 + 6) \| 6\} + 10$

$= (10 \| 6) + 10$

$= (10^{-1} + 6^{-1})^{-1} + 10$

$= 13.75\ \Omega$

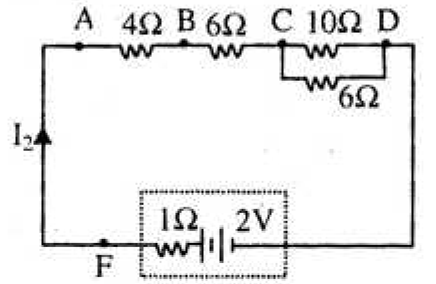
$\therefore I_1 = \frac{E}{R + r}$

$= \frac{2}{13.75 + 1}$

$= 0.136$ A

অতএব, $I > I_1$।

এমন, C ও F বিন্দুর 6Ω রোধটিকে বিচ্ছিন্ন করে তাকে 10Ω এর সমান্তরালে যুক্ত করলে,



এক্ষেত্রে, $10 \| 6 = 3.75\Omega$

$\therefore$ মোট রোধ, $R = 4 + 6 + 3.75\Omega$

$= 13.75\Omega$

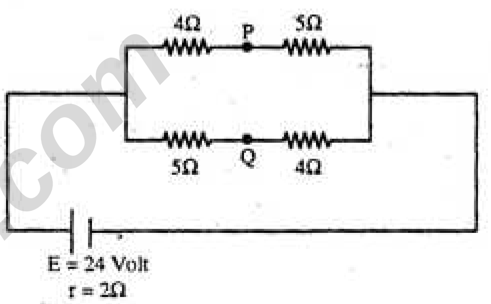
$\therefore I_2 = \frac{2V}{13.75\Omega + 1\Omega}$

$= 0.136A$

এখানে, $I_1 = I_2$, কিন্তু I_1 ও $I_2 > I$.

অতএব, $I > I_1 > I_2$ হতে পারেনা।

প্রশ্ন ▶ ৯



/কু. বো. ২০১৬/

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. ধারকে কিভাবে শক্তি সঞ্চিত হয়? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহের মান বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর P ও Q বিন্দুর মাঝখানে একটি গ্যালভানোমিটার নগণ্য রোধের তার দ্বারা সংযুক্ত করলে কোন দিক হতে গ্যালভানোমিটারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

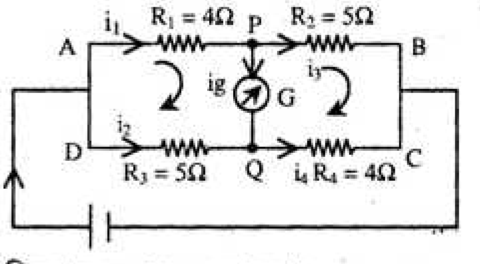
৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুর যে কোন একটি চার্জের মান এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে দ্বি-মেরু ভ্রামক বলে।

খ ধারকে শক্তি সঞ্চয় করতে হলে ধারকে কিছু চার্জ জমা করতে হবে। এ চার্জ ধারকে একবারে দেয়া সম্ভব নয়। একটু একটু করে চার্জ জমা করতে হয়। কারণ এটি কিছু চার্জ লাভ করার পর পরবর্তী চার্জ প্রদানে বাধা দেয়। তাই কোনো ধারককে চার্জিত করতে কিছু কাজ করতে হয় বা কিছু শক্তি ব্যয় হয়। এ ব্যয়িত শক্তি ধারকে তড়িৎ শক্তি হিসেবে জমা থাকে।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.69 A

ঘ



P ও Q বিন্দুতে কিরশফের প্রথম সূত্রানুসারে,

$i_1 = i_3 + i_g$

$i_2 = i_4 - i_g$

আবার, APQDA ও PBCQP লুপে দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$R_1i_1 + i_gG - R_3i_2 = 0$

$R_2i_3 - R_4i_4 - i_gG = 0$

বা, $4i_1 + i_gG - 5i_2 = 0$ .... (i)

এবং $5i_3 - 4i_4 - i_gG = 0$ .... (ii)

(i) + (ii) নং করে পাই

$4i_1 + 5i_3 - 5i_2 - 4i_4 = 0$

$4i_3 + 4i_g + 5i_3 - 5i_4 + 5i_g - 4i_4 = 0$

$9i_3 + 9i_g - 9i_4 = 0$

$i_g = i_4 - i_3$

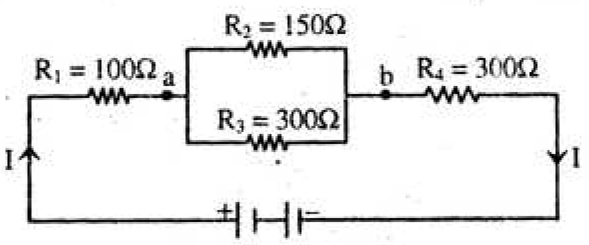
যেহেতু $R_4 < R_2$

সেহেতু $i_4 > i_3$

সুতরাং i_g ধনাত্মক

অর্থাৎ i_g এর দিক P থেকে Q এর দিকে।

প্রশ্ন ▶ ১০ মেধাবী ছাত্রী সুজানা নিচের বর্তনীটি অংকন করে প্রথমে মূল প্রবাহ হিসেব করে। পরবর্তীতে সে 100Ω মানের একটি রোধ R_4 এর সাথে প্রথমে সমান্তরালে এবং পরে শ্রেণিতে যুক্ত করে উভয় ক্ষেত্রে মূল প্রবাহ হিসেব করে দেখলো, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে প্রবাহ মাত্রার পরিমাণ হ্রাস পায়। [কু. বো. ২০১৫]



E = 10 volt, r = 2Ω

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রার বিবেচনায় পরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য কী? ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে 100Ω রোধ লাগানের পূর্বে a বিন্দু এবং b বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য কত? ৩

ঘ. 100Ω রোধ লাগানোর পরে সুজানার পর্যবেক্ষণের সত্যতা যাচাই কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমপরিমাণ কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ পরস্পরের খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ তাপমাত্রার বিবেচনায় পরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ:

পরিবাহী	অর্ধপরিবাহী
i. সাধারণ তাপমাত্রায় তড়িৎ পরিবহন করে।	i. সাধারণ তাপমাত্রায় অল্প পরিমাণ তড়িৎ পরিবহন করে।
ii. তাপমাত্রা বাড়ালে রোধ বাড়ে।	ii. তাপমাত্রা বাড়ালে রোধ কমে।
iii. তাপমাত্রা কমালে পরিবাহকত্ব বাড়ে।	iii. তাপমাত্রা কমালে পরিবাহকত্ব কমে।

গ ধরি, a বিন্দু ও b বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য, V

R_2 ও R_3 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তূল্যরোধ R_p হলে,

$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$= \frac{1}{150\Omega} + \frac{1}{300\Omega}$

$= \frac{2+1}{300\Omega} = \frac{3}{300}\Omega^{-1} = \frac{1}{100}\Omega^{-1}$

উদ্দীপক হতে,

রোধ, $R_1 = 100\Omega$

$R_2 = 150\Omega$

$R_3 = 300\Omega$

$R_4 = 300\Omega$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 2\Omega$

$R_2 = 2\Omega$

তড়িচ্চালক শক্তি, E = 10V

$\therefore R_p = 100\Omega$

এখন, $R_3 = R_1 + R_p + R_4$

$= 100\Omega + 100\Omega + 300\Omega = 500\Omega$

আমরা জানি, প্রবাহ I হলে,

$I = \frac{E}{R_s + r}$

বা, $I = \frac{10V}{(500+2)\Omega} = \frac{10}{502}A = 0.01992A$

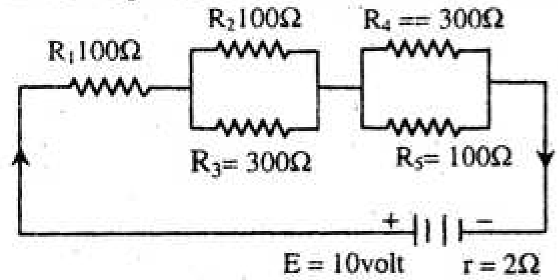
এখন, ১ম ক্ষেত্রে 100Ω রোধ লাগানোর পূর্বে a বিন্দু এবং b বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য,

$V_{ab} = IR_p$

বা, $V_{ab} = 0.01992A \times 100\Omega = 1.992$ volt

অতএব, বিভব পার্থক্য 1.992V

ঘ R_4 এর সাথে $R_5 = 100\Omega$ রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে,



'গ' থেকে প্রাপ্ত, R_2 ও R_3 এর তুল্যরোধ, $R_p = 100\Omega$

R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধ R'_P হলে,

$\frac{1}{R'_P} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$

$= \frac{1}{300\Omega} + \frac{1}{100\Omega}$

$= \frac{1+3}{300\Omega} = \frac{4}{300}\Omega^{-1}$

বা, $Rp' = \frac{300}{4}\Omega = 75\Omega$

এখন, বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_s = R_1 + R_p + Rp'$

$= (100 + 100 + 75)\ \Omega = 275\Omega$

এখন, $I = \frac{E}{R_s + r} = \frac{10V}{(275+2)} = 0.0361A$

R_4 এর সাথে $R_5 = 100\Omega$ রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে,

$R_s = R_1 + R_p + R_4 + R_5$

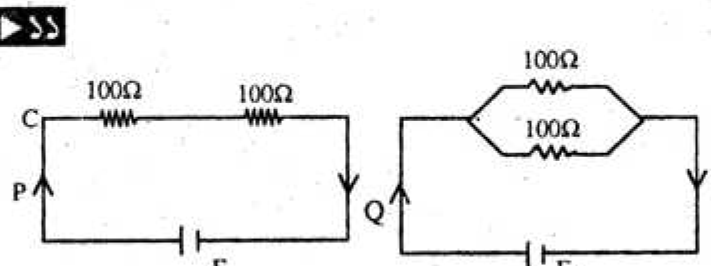
$= (100 + 100 + 300 + 100)\ \Omega$

$= 600\Omega$

$\therefore I' = \frac{E}{R_s + r} = \frac{10V}{(600+2)\Omega} = \frac{10}{602}A = 0.01661A$

এখানে, $I' < I$, সুতরাং সুজানার পর্যবেক্ষণ সত্য বলে যাচাই হলো।

প্রশ্ন ▶ ১১



P ও Q দুটি বর্তনী যার প্রত্যেকটিতে রোধযুক্ত তারের দৈর্ঘ্য 0.5m এবং ব্যাসার্ধ 0.2cm। বর্তনী দুটিতে একই সময় ধরে তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। [চ. বো. ২০১৭]

ক. এক ইলেকট্রন ভোল্ট কাকে বলে? ১

খ. কোনো সমবিভব তলে চার্জ স্থানান্তরে কৃত কাজ শূন্য-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে যে কোন তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. P ও Q বর্তনীতে একই সময়ে সমপরিমাণ তাপ উৎপন্ন হতে হলে তড়িচ্চালক শক্তি E_1 এর মান E_2 এর চেয়ে বেশি না কম হবে— গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যে ত্বরিত একটি ইলেকট্রন যে শক্তি অর্জন করে তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ আমরা জানি, কোন তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে A ও B দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য যথাক্রমে V_A ও V_B হলে, q একক ধনাত্মক আধানকে B বিন্দুর থেকে A বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ, $W = q(V_A - V_B)$

সমবিভব তলের ক্ষেত্রে, $V_A = V_B$

অর্থাৎ, $W = q(0) = 0$

সুতরাং সমবিভব তলে কৃতকাজ শূন্য হয়।

গ এখানে, প্রতিটি তারের রোধ, $R = 100\ \Omega$

প্রতিটি তারের দৈর্ঘ্য, $L = 0.5$ m

প্রতিটি তারের ব্যাসার্ধ, $r = 0.2$ cm

$= 0.2 \times 10^{-2}$ m

$= 2 \times 10^{-3}$ m

∴ আপেক্ষিক রোধ, $\rho = ?$

আমরা জানি, $\rho = \frac{\pi r^2}{L} R$

বা, $\rho = \frac{3.1416 \times (2 \times 10^{-3})^2}{0.5} \times 100\ \Omega$ m

∴ $\rho = 2.51 \times 10^{-3}\ \Omega$ m **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, P বর্তনীতে 100Ω রোধ দুটি শ্রেণিতে এবং Q বর্তনীতে 100Ω রোধ দুটি সমান্তরালে যুক্ত। ∴ P বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_s = 200\Omega$

এবং Q বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_p = 50\ \Omega$

P বর্তনীতে উৎপন্ন তাপ, $H = \frac{E_1^2}{R_s} t$

Q বর্তনীতে উৎপন্ন তাপ, $H' = \frac{E_2^2}{R_p} t$

শর্তমতে, $H = H'$

বা, $\frac{E_1^2}{R_s} t = \frac{E_2^2}{R_p} t$

বা, $\frac{E_1^2}{200} = \frac{E_2^2}{50}$

বা, $\frac{E_1^2}{4} = E_2^2$

বা, $E_1 = 2E_2$

অর্থাৎ P ও Q বর্তনীতে একই সময়ে উৎপন্ন তাপ সমান হলে E_1, E_2 এর দ্বিগুণ হতে হবে।

অতএব, E_1 এর মান E_2 এর চেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶১২ ব্যবহারিক পরীক্ষায় শিক্ষক প্রতিটি 180μF মানের তিনটি ধারক দিয়ে শ্যামলীকে তাদের শ্রেণি সমবায়ের সাথে একটি 3V এর তড়িৎকোষ সংযুক্ত করে বর্তনী তৈরি করতে বললেন। রেশমাকে 3V এর তিনটি তড়িৎকোষ দিয়ে সমান্তরাল সমবায়ে এবং সমবায়ের সাথে 50Ω মানের একটি রোধ যুক্ত করতে বললেন। শিক্ষক শ্যামলীকে পূর্ণ নম্বর দিলেও রেশমাকে শূন্য দিলেন। উল্লেখ্য রেশমা বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ পেয়েছিল 0.18A। /চ. বো. ২০১৬/

ক. পরাবিদ্যুৎ বা ডাই-ইলেকট্রিক কী? ১

খ. শান্টের কাজ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. শ্যামলীর বর্তনীতে সঞ্চিত বৈদ্যুতিক বিভব শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. রেশমা কী ভুল করেছিল? সঠিক বর্তনী এঁকে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রভাবে যে সকল মাধ্যমের প্রতিটি পরমাণু এক একটি তড়িৎ দ্বিমেরুতে পরিণত হয় তাকে পরাবিদ্যুৎ বা ডাইইলেকট্রিক বলে।

খ অধিক পরিমাণ প্রবাহ গিয়ে যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে একটি অল্প মানের রোধ শান্ট হিসেবে সংযুক্ত করা হয়। এর ফলে মূল প্রবাহ দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে যায় এবং শান্টের রোধ কম হওয়ায় বেশি পরিমাণ প্রবাহ এর ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হয় এবং অল্প পরিমাণ প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়।

গ উদ্দীপক হতে পাই;

ধারকত্ব, $C_1 = C_2 = C_3 = 180\mu F = 180 \times 10^{-6}$F

বিভব পার্থক্য, $V = 3V$

তুল্য ধারকত্ব, $C_s = ?$

সঞ্চিত বিভব শক্তি, $U = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

বা, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{180 \times 10^{-6}} + \frac{1}{180 \times 10^{-6}} + \frac{1}{180 \times 10^{-6}}$

∴ $C_s = 6 \times 10^{-5}$ F

আবার, $U = \frac{1}{2} C_s V^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-5} \times (3)^2$

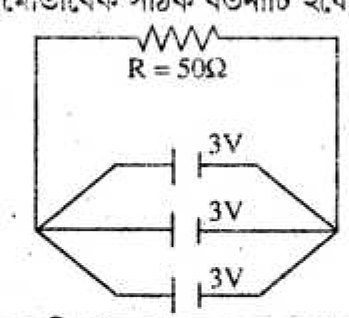
$= 2.7 \times 10^{-4}$ J **(Ans.)**

ঘ রেশমা কোষ তিনটিকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করে তড়িচ্চালক শক্তি $E = 3 + 3 + 3 = 9$ V ধরে হিসাব করে, তড়িৎ প্রবাহ I নির্ণয় করে,

$I = \frac{E}{R} = \frac{9}{50} = 0.18$ A

রেশমার ভুল হলো, সে তড়িৎ কোষগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত না করে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করে তড়িচ্চালক শক্তি 9 V ধরেছিল।

শিক্ষকের নির্দেশনা মোতাবেক সঠিক বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ:



আমরা জানি, সমান তড়িচ্চালক বলের কতকগুলো কোষের সমান্তরাল সমবায়ে তড়িচ্চালক বল একটি কোষের তড়িচ্চালক বলের সমান হয়।

∴ $E_P = 3V$

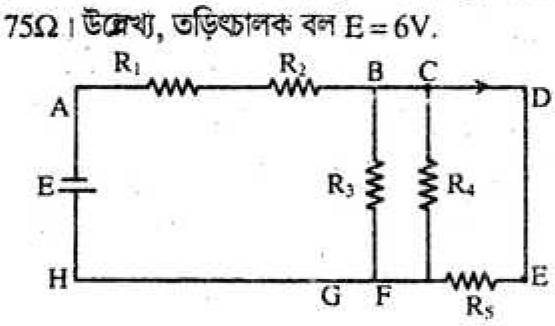
$R = 50\Omega$

∴ $I_P = \frac{E_P}{R} = \frac{3}{50}$

$= 0.06$ A

∴ রেশমার সঠিক বর্তনীর প্রবাহ হবে 0.06 A.

প্রশ্ন ▶১৩ প্রদত্ত বর্তনীতে $R_1 = 75\Omega$, $R_2 = 25\Omega$, $R_3 = 90\Omega$, $R_4 = 50\Omega$ এবং $R_5 = 75\Omega$। উল্লেখ্য, তড়িচ্চালক বল $E = 6V$.



/চ. বো. ২০১৬/

ক. গসীয় তল কী? ১

খ. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব 16.4 μF বলতে কী বুঝায়? ২

গ. C ও E বিন্দুর মধ্যবর্তী তুল্য রোধ হিসাব কর। ৩

ঘ. R_1 ও R_5 এর মধ্যে প্রবাহমাত্রা একই হবে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গসের সূত্রানুসারে, কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের ফ্লাক্স ϵ_0 গুণের সমান। এ কল্পিত বন্ধ তলকে গসীয় তল বলে।

খ একটি সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব 16.4μF বলতে বুঝায়, ঐ ধারকের দুই পাতের মধ্যে 1V বিভব পার্থক্য বজায় রাখতে প্রত্যেক পাতে 16.4μC আধান প্রদান করতে হয়।

গ C ও E বিন্দু পরস্পর শর্ট করা। কিছু পরিমাণ চার্জকে C হতে E বিন্দুতে আসতে হলে কোনো রোধের সম্মুখীন হওয়ার প্রয়োজন নেই। অর্থাৎ এ দুই বিন্দুর মাঝে কোনো রোধ নেই, তাই এ বিন্দুদ্বয়ের মধ্যবর্তী তুল্যরোধ, $R_{\text{তু}} = 0\Omega$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,
$R_1 = 75\Omega$
$R_2 = 25\Omega$
$R_3 = 90\Omega$
$R_4 = 50\Omega$
$R_5 = 75\Omega$
$E = 6V$

এখানে, R_3, R_4 ও R_5 রোধ তিনটির প্রথম প্রান্তসমূহ একই জায়গাতে সংযুক্ত এবং শেষ প্রান্তসমূহও আরেকটি নির্দিষ্ট জায়গাতে সংযুক্ত। সুতরাং এরা পরস্পর সমান্তরাল।

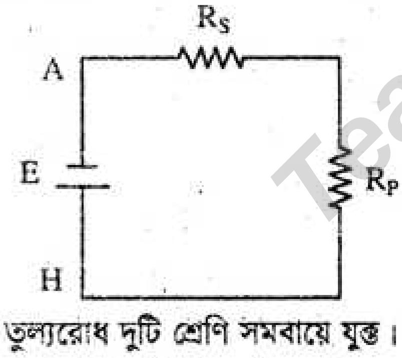
ধরি, এদের তুল্যরোধ $= R_P$

এখন, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$

বা, $R_P = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} = \frac{1}{\frac{1}{90} + \frac{1}{50} + \frac{1}{75}} = 22.5\Omega$

আবার, R_1 ও R_2 রোধ দুটি শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত। সুতরাং এদের তুল্যরোধ, $R_S = R_1 + R_2 = 75 + 25 = 100\Omega$

সুতরাং, নতুন বর্তনী হবে



আবার, R_S ও R_P তুল্যরোধ দুটি শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত।

সুতরাং এদের সমতুল্য তুল্যরোধ, $R_E = R_S + R_P$
$= (100 + 22.5)\Omega$
$= 122.5\Omega$

কিন্তু অভ্যন্তরীণ রোধ উপেক্ষা করে, $I = \frac{E}{R_E}$
$= \frac{6}{122.5} = 0.04897A$

$\therefore$ R_1 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা, $I_1 = 0.04897A$

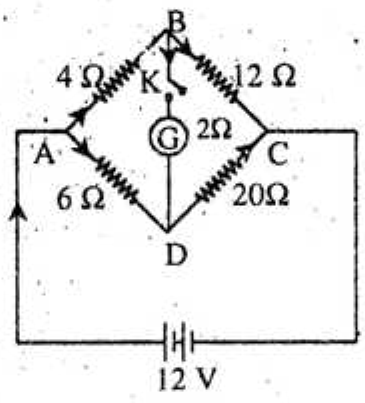
আবার, R_P এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V = IR_P$

1.101825 volt

$\therefore$ R_5 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা, $I_5 = \frac{V}{R_5} = \frac{1.101825}{75}$
$= 0.014691A$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখা যায় যে, বর্তনীর R_1 ও R_5 এর মধ্যে প্রবাহমাত্রা একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৪



[সি. বো. ২০১৭]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. একটি চার্জিত পরিবাহীর সমস্ত চার্জ কেন্দ্রে না থেকে পৃষ্ঠে ছড়ানো থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চাবি বন্ধ অবস্থায় চতুর্থ বাহুতে কী পরিমাণ রোধ কীভাবে যুক্ত করলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোন তড়িৎ প্রবাহিত হবে না? ৩

ঘ. বর্তনীর চাবি খোলা এবং বন্ধ অবস্থায় BC বাহুর প্রবাহ একই হবে কিনা-গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুতে অবস্থিত প্রতিটি চার্জের পরিমাণ এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

খ চার্জিত পরিবাহিতে চার্জগুলো একে অপরের সাপেক্ষে সর্বনিম্ন বিভবে থাকতে চায়।

আমরা জানি,

$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

চার্জের পরিমাণ ধ্রুবক হলে, $V \propto \frac{1}{r}$

অর্থাৎ সর্বনিম্ন বিভব অর্জনের জন্য চার্জগুলো সম্ভাব্য সর্বোচ্চ দূরত্বে থাকবে। একটি পরিবাহীর পৃষ্ঠই হলো কেন্দ্র বা ভরকেন্দ্র থেকে এর সর্বোচ্চ দূরত্ব। চার্জগুলো সর্বনিম্ন বিভব প্রাপ্তির জন্য পৃষ্ঠে অবস্থান করবে।

গ দেওয়া আছে,
AB বাহুতে রোধ, $P = 4\Omega$
BC বাহুতে রোধ, $Q = 12\Omega$
AD বাহুতে রোধ, $R = 6\ \Omega$
CD বাহুতে রোধ, $S_1 = 20\Omega$

আমরা জানি,
$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

বা, $\frac{4}{12} = \frac{6}{S}$

বা, $S = 18\Omega$

$\therefore S_1 > S$; অতএব চতুর্থ বাহুর সাথে কিছু রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

মনে করি, চতুর্থ বাহুতে S_2 পরিমাণ রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্যরোধ S হবে।

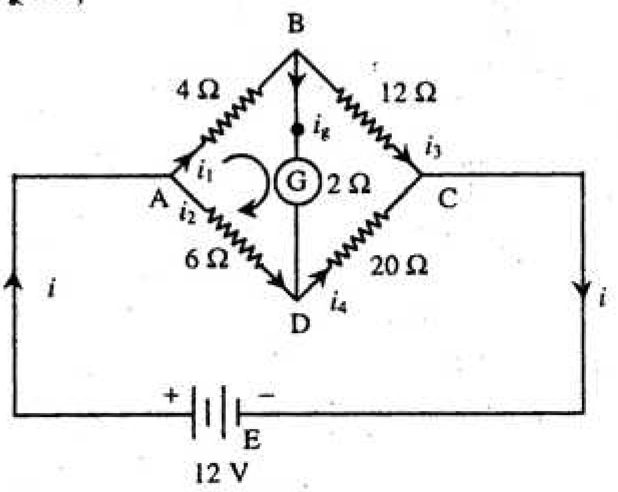
অর্থাৎ, $\frac{1}{S} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2}$

বা, $\frac{1}{18} = \frac{1}{20} + \frac{1}{S_2}$

বা, $\frac{1}{S_2} = \frac{1}{18} - \frac{1}{20}$

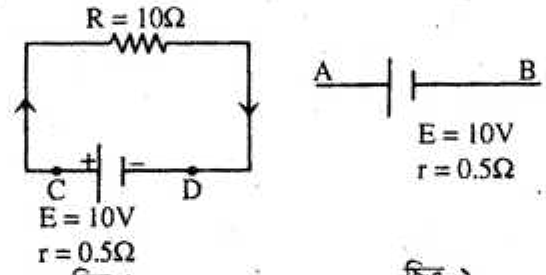
বা, $S_2 = 180\Omega$ **(Ans.)**

ঘ চিত্রানুসারে,



বর্তনীর চাবি খোলা থাকলে $i_g = 0$ হবে।
তখন, $i_1 = i_3$ এবং $i_2 = i_4$ হবে।
ABCDA লুপ থেকে পাই,
$4i_1 + 12i_1 - 20i_2 - 6i_2 = 0$
বা, $16i_1 = 26\, i_2$
$\therefore\ i_2 = \frac{16}{26} i_1$
ADCEA লুপ থেকে পাই,
$-12 + 6i_2 + 20i_2 = 0$
বা, $26i_2 = 12$
বা, $26 \times \frac{16}{26}\, i_1 = 12;\ \left[\because\ i_2 = \frac{16}{26} i_1\right]$
$\therefore\ i_1 = 0.75$ A
সুতরাং বর্তনী খোলা থাকলে BC এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ = 0.75 A
এখন বর্তনী বন্ধ অবস্থায় BC এর মধ্য দিয়ে i_3 প্রবাহ চলবে। ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় না থাকার কারণে $i_g \neq 0$ হবে।
এখন, A বিন্দু থেকে পাই,
$i = i_1 + i_2$
আবার, C বিন্দু থেকে পাই,
$i = i_3 + i_4$
বা, $i_1 + i_2 = i_3 + i_4$
$\therefore\ i_4 = i_1 + i_2 - i_3$
B বিন্দু থেকে পাই,
$i_1 = i_g + i_3$
$\therefore\ i_1 - i_3 = i_g$
ABDA লুপ থেকে পাই,
$4i_1 + 2i_g - 6i_2 = 0$
বা, $4i_1 + 2\,(i_1 - i_3) - 6\,i_2 = 0;\ [\because\ i_g = i_1 - i_3]$
বা, $6i_1 - 6i_2 - 2i_3 = 0$
$\therefore\ 3i_1 - 3i_2 - i_3 = 0$...........................(i)
BCDB লুপ থেকে পাই,
$12i_3 - 20i_4 - 2i_g = 0$
বা, $12i_3 - 20\,(i_1 + i_2 - i_3) - 2\,(i_1 - i_3) = 0$
[$\because i_4 = i_1 + i_2 - i_3$ এবং $i_g = i_1 - i_3$]
বা, $-22i_1 - 20i_2 + 34i_3 = 0$................(ii)
ADCEA লুপ থেকে পাই,
$-12 + 6i_2 + 20i_4 = 0$
বা, $6i_2 + 20\,(i_1 + i_2 - i_3) = 12;\ [\because i_4 = i_1 + i_2 - i_3]$
বা, $20i_1 + 26i_2 - 20i_3 = 12$ ....(iii)
(i) নং (ii) নং ও (iii)নং সমীকরণ সমাধান করে পাই, $i_3 = 0.756$ A
সুতরাং চাবি বন্ধ অবস্থায় BC বাহুর প্রবাহ 0.756A যা চাবি খোলা অবস্থায় প্রবাহের চেয়ে বেশি।
অতএব, বর্তনীর চাবি খোলা এবং বন্ধ অবস্থায় BC বাহুর প্রবাহ একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৫



চিত্র-১ চিত্র-২

[সি. বো. ২০১৫]

ক. তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক কী? ১
খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ২
গ. কার্শফের সূত্রের সাহায্যে ১নং বর্তনীটিতে মূল প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. CD বিন্দুতে AB কোষটিকে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত করলে পূর্বাপেক্ষা বহিস্থঃ রোধ R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার বাড়বে না কমবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

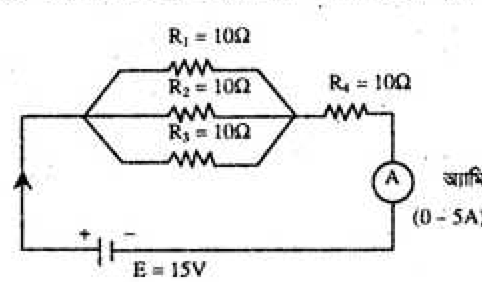
ক কোন মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা ও শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতার অনুপাতকে উক্ত মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক বলা হয়।

খ তড়িৎ প্রবাহের ফলে চার্জবাহী ইলেকট্রনসমূহ অণু-পরমাণুসমূহের সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। এতে এদের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়, এ কারণে তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয়।

গ দেওয়া আছে, কোষের তড়িচ্চালক বল, E = 10V
অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 0.5Ω
বহি:স্থ রোধ, R = 10Ω
কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগে পাই,
$E - Ir - IR = 0$
বা, $I(R + r) = E$
$\therefore\ I = \frac{E}{R + r} = \frac{10V}{10\Omega + 0.5\Omega} = 0.9524A$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার,
$P = I^2R = (0.9524A)^2 \times 10\Omega = 9.0707$ watt
CD বিন্দুতে AB কোষটিকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর মূল প্রবাহ হবে, $I' = \frac{E}{R + \frac{r}{2}} = \frac{10V}{10\Omega + \frac{0.5\Omega}{2}} = 0.9756A$
এক্ষেত্রে বহি:স্থ রোধ R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার,
$P' = I'^2R = (0.9756A)^2 \times 10\Omega = 9.518$ watt
লক্ষ্য করি যে, 9.518 watt > 9.0707 watt
অর্থাৎ $P' > P$
সুতরাং CD বিন্দুতে AB কোষটিকে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত করলে পূর্বাপেক্ষা বহিঃস্থ রোধ R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার বাড়বে।

প্রশ্ন ▶ ১৬



[য. বো. ২০১৭]

ক. সান্ট কী? ১
খ. অ্যালুমিনিয়াম রোধের গুণাংক $3.9 \times 10^{-3} (°C)^{-1}$ বলতে কী বোঝায়? ২
গ. উদ্দীপকের বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. যদি E এর মান পরিবর্তিত হয়ে 100V হয় তবে তড়িৎ প্রবাহ মাপার জন্য কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অধিক তড়িৎপ্রবাহ যাতে গ্যালভানোমিটারের কোন ক্ষতি না করতে পারে সেজন্য গ্যালভানোমিটারের সমান্তরালে যে স্বল্পমানের রোধ সংযুক্ত করা হয় তাকে সান্ট বলে।

খ অ্যালুমিনিয়াম রোধের গুণাঙ্ক $3.9 \times 10^{-3}\ (°C)^{-1}$ বলতে বুঝায়, $0°C$ তাপমাত্রায় 1Ω রোধবিশিষ্ট অ্যালুমিনিয়াম তারের তাপমাত্রা 1K বাড়ালে এর রোধ $3.9 \times 10^{-3}\ \Omega$ বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

$R_1 = 10\Omega$
$R_2 = 10\Omega$
$R_3 = 10\Omega$
$R_4 = 10\Omega$

$R_1 \parallel R_2 \parallel R_3$ এর তুল্য রোধ, R_p

$$= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1}$$

$$= \frac{10}{3}\Omega$$

R_p এবং R_4 শ্রেণি সমবায়ে,

$$\therefore R_s = R_4 + R_p$$

$$= \frac{40}{3}\Omega$$

বর্তনীর মোট রোধ, $R_s = \frac{40}{3}\Omega$

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 15V$

আমরা জানি, $E = IR_s$

$$\text{বা, } I = \frac{E}{R_s} = \frac{9}{8} A$$

$$= 1.125\ A\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,

বর্তনীর মোট রোধ, $R_s = \frac{40}{3}\Omega$

বর্তনীর পরিবর্তিত তড়িচ্চালক শক্তি, $E' = 100\ V$

আমরা পাই, পরিবর্তিত প্রবাহ

$$i' = \frac{100}{\frac{40}{3}} A$$

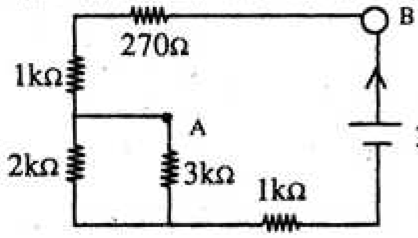
$$= 7.5A$$

অ্যামিটারের পাল্লা 0 – 5A অর্থাৎ অ্যামিটার সর্বোচ্চ 5A প্রবাহমাত্রার তড়িৎ পরিমাপ করতে পারে।

অতএব, উক্ত তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করার জন্য অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধি করতে হবে। এক্ষেত্রে পরিমাপ্য প্রবাহ 7.5A হলেও অ্যামিটারের পাল্লা করতে হবে 0 – 10A। অর্থাৎ অ্যামিটারের পাল্লা দ্বিগুণ করতে হবে। অ্যামিটারের রোধ R এবং এক্ষেত্রে অ্যামিটারের সাথে সমান্তরালে S সান্ট যুক্ত করতে হলে, $S = \frac{R}{n-1} = \frac{R}{2-1} = R$

অর্থাৎ এক্ষেত্রে অ্যামিটারের রোধের সমান মানের সান্ট ব্যবহার করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭



/ব. বো. ২০১৭/

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১
খ. বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
গ. বর্তনীর A ও B বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩
ঘ. বর্তনীর A ও B বিন্দুর মধ্যে একটি রোধহীন তার লাগালে মোট প্রবাহ কত হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

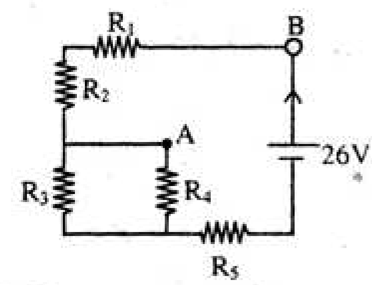
১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ তড়িৎ প্রবাহের ফলে তড়িৎ বর্তনীতে যে তাপের উদ্ভব হয় তার কারণ ইলেকট্রন মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব বিশিষ্ট বিন্দু থেকে উচ্চ বিভব বিশিষ্ট বিন্দুর দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয় এবং পরিবাহকের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এ জন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ দেওয়া আছে,

$R_1 = 270\Omega$
$R_2 = 1K\Omega = 1000\Omega$
$R_3 = 2K\Omega = 2000\Omega$
$R_4 = 3K\Omega = 3000\Omega$
$R_5 = 1K\Omega = 1000\Omega$



তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 26V$

বের করতে হবে, A ও B বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য, V = ?

চিত্রানুসারে, R_3 ও R_4 সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত হয়ে R_1, R_2 ও R_5 এর সাথে শ্রেণি সমবায় গঠন করে। R_3 ও R_4 এর সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য রোধ, $R_p = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)^{-1}$

$$= \left(\frac{1}{2000} + \frac{1}{3000}\right)^{-1} = 1200\Omega$$

$\therefore$ বর্তনীর মোট তুল্য রোধ, $R_s = R_1 + R_2 + R_p + R_5$

$$= 270 + 1000 + 1200 + 1000$$

$$= 3470\ \Omega$$

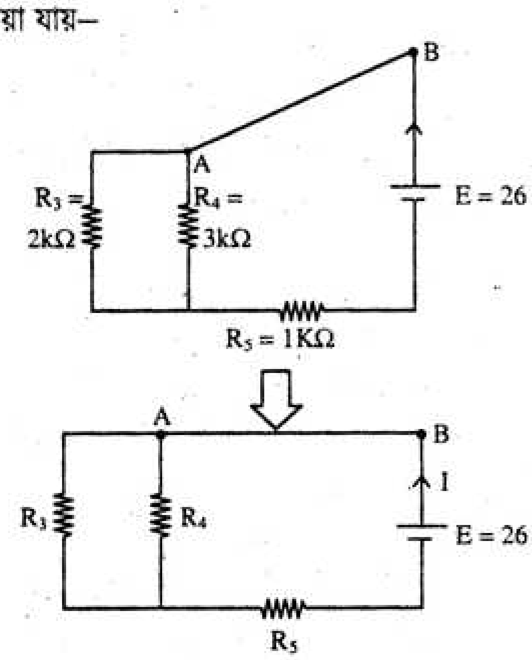
$\therefore$ বর্তনীর মোট প্রবাহ, $I = \frac{26}{3470} A$

$\therefore$ A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্য,

$$V_{AB} = I(R_1 + R_2)$$

$$= \frac{26}{3470} \times (270 + 1000)\ V = 9.515\ V\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ বর্তনীর A ও B বিন্দুর মধ্যে একটি রোধহীন তার লাগালে নিম্নরূপ বর্তনী পাওয়া যায়–

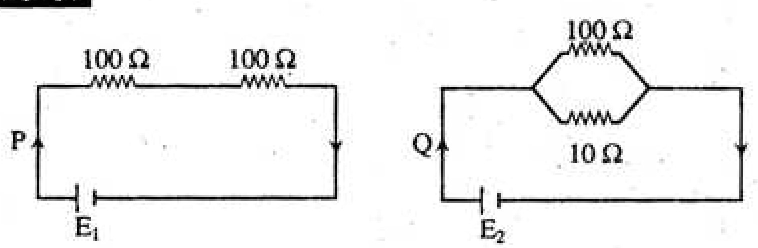


পরিবর্তীত বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_T = (R_3 \parallel R_4) + R_5$

$$= \left\{\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)^{-1}\right\} + R_5$$
$$= 1200 + 1000$$
$$= 2200\Omega$$

$\therefore$ বর্তনীর মোট প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_T} = \frac{26}{2200}$
$$= 0.0118 \text{ A}$$
$$= 11.8 \text{ mA}$$

প্রশ্ন ▶ ১৮



P ও Q বর্তনী দুটিতে ব্যবহৃত রোধগুলো 0.5m লম্বা এবং 0.2m ব্যাসার্ধের তার দ্বারা তৈরি। বর্তনী দুটিতে একই সময় ধরে তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. ইলেকট্রন ভোল্ট কী? ১

খ. সমবিভব তলে চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ শূন্য– ব্যাখ্যা করো। ২

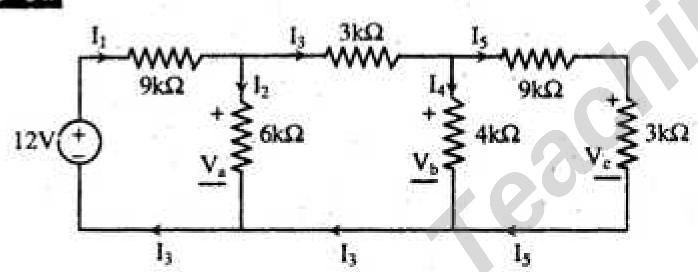
গ. উদ্দীপক হতে যেকোনো একটি তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P ও Q বর্তনীতে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ সমান হলে E_1 ও E_2 এর মধ্যে কোনটি বড় হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

১১ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ১৯



[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

ক. আপেক্ষিক রোধ কী? ১

খ. BOT বলতে কী বোঝায় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. V_a এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 'I_4 এর তুলনায় I_1 এর মান বৃহত্তর'– কার্শফের সূত্র ব্যবহার করে এ উক্তিটির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ B.O.T. হলো বৈদ্যুতিক শক্তির ব্যবহারিক একক। 1 B.O.T. বৈদ্যুতিক শক্তি 1 kWh বৈদ্যুতিক শক্তির সমান।

এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো যন্ত্র এক ঘণ্টা ধরে যে বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যয় করে তাকে কিলোওয়াট ঘণ্টা (kWh) বলে।

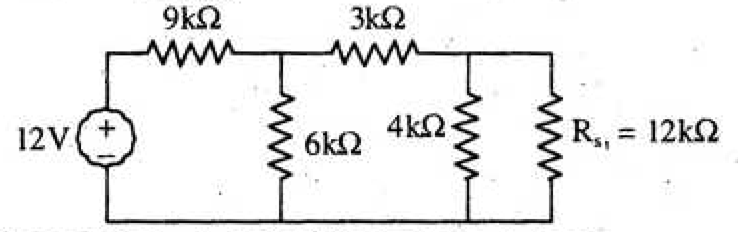
অর্থাৎ সম্পাদিত কাজ বা ব্যয়িত শক্তি (W) = ক্ষমতা (P) × সময় (t)

$\therefore 1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 1\text{h} = 1000 \text{ Js}^{-1} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$

$[\because 1 \text{ Ws} = 1\text{J}]$

গ বর্তনীর ডানপাশের 3kΩ ও 9kΩ শ্রেণিতে যুক্ত রোধদ্বয়ের তুল্যরোধ, R_{S_1} হলে,

$$R_{s_1} = 3 + 9$$
$$= 12\text{k}\Omega$$

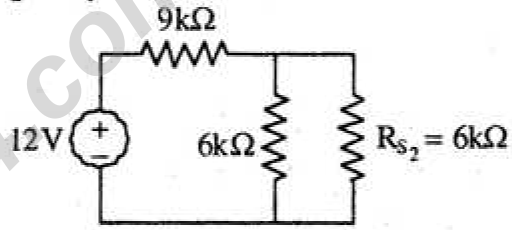


সমান্তরালে যুক্ত R_{s_1} ও 4kΩ রোধের তুল্যরোধ, R_{p_1} হলে,

$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{4}$$
$$= \frac{1}{12} + \frac{1}{4}$$
$$= \frac{1+3}{12}$$
$$= \frac{4}{12}$$
$$\therefore R_{p_1} = \frac{12}{4} = 3\text{k}\Omega$$

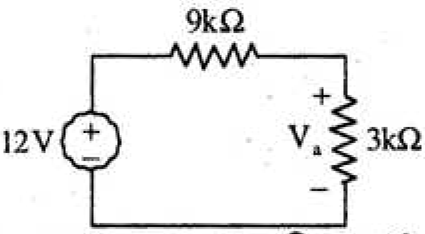
আবার শ্রেণিতে যুক্ত R_{p_1} ও 3kΩ রোধের তুল্যরোধ R_{s_2} হলে,

$$R_{s_2} = R_{p_1} + 3 = 3 + 3 = 6\text{k}\Omega$$



সমান্তরালে যুক্ত R_{s_2} ও 6kΩ রোধের তুল্যরোধ, R_{p_2} হলে,

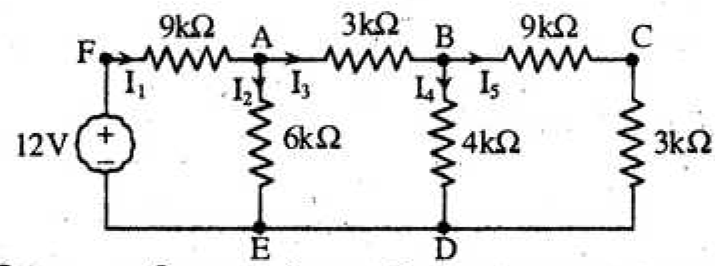
$$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{R_{s_2}} + \frac{1}{6} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6}$$
$$\therefore R_{p_2} = \frac{6}{2} = 3\text{k}\Omega$$



চিত্রে বর্তনীতে $R_{p_2} = 3\text{K}\Omega$ এর দুপাশের বিভব পার্থক্য V_a হলে,

$$V_a = \frac{3}{3+9} \times 12$$
$$= 3\text{V (Ans.)}$$

ঘ



বর্তনীতে A ও B বিন্দুতে কার্শফের চার্জ সংরক্ষণ সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$I_1 = I_2 + I_3$$
এবং $I_3 = I_4 + I_5$

AEF বন্ধ বর্তনীতে কার্শফের শক্তির সংরক্ষণ সূত্র তথা ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,

$$9I_1 + 6I_2 = 12$$
বা, $9I_1 + 6(I_1 - I_3) = 12$

বা, $15I_1 - 6I_3 = 12$

$\therefore 5I_1 - 2I_3 = 4 \ldots (1)$

ABDE বন্ধ বর্তনীতে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,

$$3I_3 + 4I_4 - 6I_2 = 0$$

বা, $3I_3 + 4(I_3 - I_5) - 6(I_1 - I_3) = 0$

বা, $-6I_1 + 3I_3 + 4I_3 + 6I_3 - 4I_5 = 0$

বা, $-6I_1 + 13I_3 - 4I_5 = 0$

$\therefore\ 6I_1 - 13I_3 + 4I_5 = 0 \ldots (2)$

BCD বন্ধ বর্তনীতে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,

$$9I_5 + 3I_5 - 4I_4 = 0$$

বা, $12I_5 - 4(I_3 - I_5) = 0$

বা, $16I_5 - 4I_3 = 0$

বা, $4I_5 - I_3 = 0 \ldots (3)$

(1), (2) ও (3) নং সমীকরণ সমাধান করে পাই,

$I_1 = 1A$

$I_3 = 0.5A$

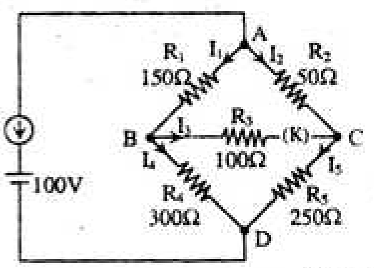
$I_5 = 0.125A$

$\therefore I_4 = I_3 - I_5 = 0.5 - 0.125 = 0.375A$

$\therefore I_1 > I_4$

অতএব, I_4 এর তুলনায় I_1 এর মান বৃহত্তর উক্তিটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶২০



[পাবনা ক্যাডেট কলেজ, পাবনা]

ক. তড়িচ্চালক বল বলতে কী বুঝ? ১

খ. কার্শফের সূত্রগুলো বিবৃত করো। ২

গ. চাবি (k) যদি খোলা থাকে তবে I_2 এর মান বের করো। ৩

ঘ. যখন চাবিটি (k) বন্ধ থাকে তখন $I_3 = 0$ করার জন্য কী পদক্ষেপ নেয়া যেতে পারে? ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে উৎসের তড়িচ্চালক বল বলে।

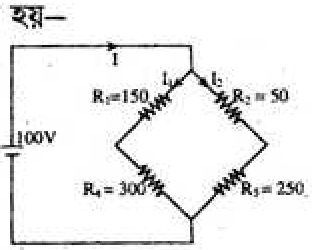
খ **কার্শফের প্রথম সূত্র :** তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\Sigma i = 0$।

দ্বিতীয় সূত্র : কোনো বন্ধ বর্তনীর বিভিন্ন উপাদানগুলোর রোধ এবং এদের সাথে সংশ্লিষ্ট প্রবাহের গুণফলগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল ঐ বন্ধ বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত মোট তড়িচ্চালক বলের সমান। অর্থাৎ যেকোনো বন্ধ বর্তনীর ক্ষেত্রে, $\Sigma Ri = \Sigma E$।

গ যদি চাবি খোলা থাকে তবে, $I_3 = 0$

$\therefore I_1 = I_4$ এবং $I_5 = I_2$

তখন, বর্তনীটি নিম্নরূপ হয়–



$\therefore R_1$ ও R_4 এর তুল্যরোধ, $R_{14} = 150 + 300 = 450\ \Omega$

R_2 ও R_5 এর তুল্যরোধ, $R_{25} = 50 + 250 = 300\Omega$

$\therefore i_2R_{25} = 100$

বা, $i_2 = \frac{100}{R_{25}}$

$= \frac{100}{300}$

$= 0.334$ A

ঘ উদ্দীপকে উল্লিখিত বর্তনীটি একটি হুইটস্টোন ব্রীজ বর্তনী। এই বর্তনীতে $I_3 = 0$ করতে চাইলে হুইটস্টোন ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় নিতে হবে। এক্ষেত্রে ব্রীজটির চারটি রোধ R_1, R_2, R_4 ও R_5 এমন হতে হবে যাতে $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_5}$ হয়। এটি বিভিন্নভাবে করা যেতে পারে। তবে, একটি সম্ভাব্য উপায় নিম্নরূপ হতে পারে–

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{150}{50} = 3$

এবং $\frac{R_4}{R_5} = \frac{300}{250} = 1.2$

অতএব, R_5 এর সাথে একটি সান্ট ব্যবহার করা যেতে পারে যাতে R_4 এবং R_5 ও ঐ সান্টের তুল্যরোধের অনুপাত 3 হয়।

অর্থাৎ, $\frac{R_4}{R_5'} = 3 \Rightarrow R_5' = \frac{R_4}{3} = \frac{300}{3} = 100\Omega$ হয়।

ধরি, সমান্তরালে যুক্ত উক্ত রোধের মান = S

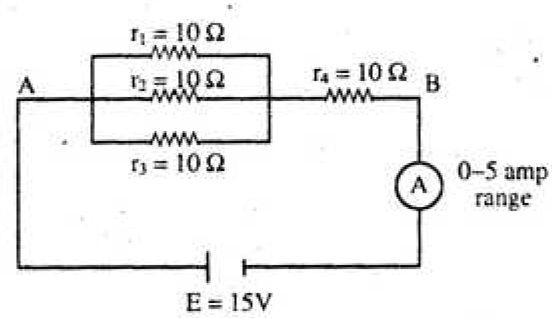
$\therefore \frac{1}{S} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{R_5'}$

$\Rightarrow \frac{1}{S} + \frac{1}{250} = \frac{1}{100}$

$\therefore S = 166.67\ \Omega$

অতএব, R_5 এর সাথে 166.67Ω মানের একটি রোধ সমান্তরালে যুক্ত করে $I_3 = 0$ করা যেতে পারে।

প্রশ্ন ▶২১



[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. ভরত্রুটি কি? ১

খ. কোনো ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক 6.1×10^{-14} Hz বলতে কি বোঝায়? ২

গ. B বিন্দুতে প্রবাহ কত? ৩

ঘ. যদি E = 100V হয়, তাহলে অ্যামিটার এর মধ্যদিয়ে প্রবাহ নির্ণয় করতে হলে কি ব্যাখ্যা গ্রহণ করতে হবে? ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

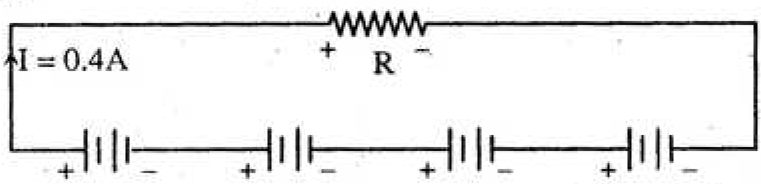
ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ কোনো ধাতুর সূচন কম্পাংক 6.1×10^{-14} Hz বলতে বুঝায় ঐ ধাতু হতে একটি ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে যদি এবং কেবল যদি ঐ ধাতুর উপর ন্যূনতম 6.1×10^{-14} Hz কম্পাংকের আলো আপতিত হয়। এরপর আপতিত আলোর কম্পাংক যত বাড়ানো হবে নির্গত ফটো ইলেকট্রনের গতিশক্তি তত বাড়বে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.125 A

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.5 A

প্রশ্ন ▶ ২২ একটি ব্যাটারি তৈরির জন্য 1.5V তড়িচ্চালক শক্তি ও 0.2Ω রোধ বিশিষ্ট চারটি একই ধরনের কোষকে শ্রেণিতে সন্নিবেশ করা হলো। এই ব্যাটারি বহিঃস্থ রোধ R এর মধ্য দিয়ে 0.4A তড়িৎ প্রবাহিত করতে পারে। নিচে ব্যবস্থাটির চিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো:



[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১

খ. আপেক্ষিক রোধ 3.5×10^{-5} Ωm বলতে কী বুঝায়? ২

গ. বহিঃস্থ রোধের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বহিঃস্থ রোধের সাথে 100Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটার সান্ট হিসেবে সংযোগ দিলে, গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে মূল তড়িৎ প্রবাহের কত শতাংশ প্রবাহিত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ আপেক্ষিক রোধ 3.5×10^{-5} Ω-m বলতে বুঝায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 1m বাহু এবং $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট পদার্থের রোধ হবে 3.5×10^{-5}Ω।

গ দেওয়া আছে,
প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক বল, E = 1.5V
কোষের সংখ্যা, n = 4
প্রতিটি কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 0.2Ω
বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ, I = 0.4A
বের করতে হবে, বহিঃস্থ রোধ, R = ?
আমরা জানি, তড়িৎকোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে,

$$I = \frac{nE}{nr + R}$$

বা, $R + nr = \frac{nE}{I}$

$\therefore R = \frac{nE}{I} - nr$

$= \frac{4 \times 1.5V}{0.4A} - 4 \times 0.2\,\Omega$

$= 10 \times 1.5 - 0.8$

$= 15 - 0.8$

$= 14.2\,\Omega$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, বহিঃস্থ রোধের মান, R = 14.2Ω
সান্টের মান, S = 100Ω
ধরি,
এক্ষেত্রে মূল তড়িৎ প্রবাহ I
R ও S এর মধ্যদিয়ে প্রবাহের মান যথাক্রমে I_R ও I_S
R ও S এর প্রান্তীয় বিভবপার্থক্য V হলে,

$V = I_S S = I_R R$

বা, $\frac{I_R}{I_S} = \frac{S}{R}$

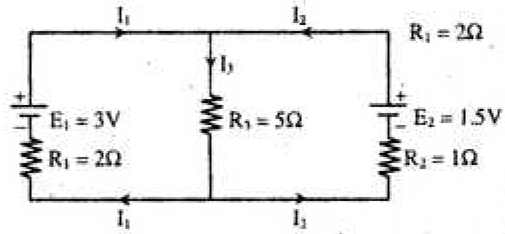
বা, $\frac{I_R + I_S}{I_S} = \frac{S + R}{R}$ [যোজন করে]

$\therefore I_S = \frac{R}{R + S}(I_R + I_S) = \frac{R}{R + S} I$

$= \frac{14.2\Omega}{14.2\,\Omega + 100\,\Omega} \times I = I \times 12.43\%$

সুতরাং, বহিঃস্থ রোধের সাথে 100Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটার সান্ট হিসেবে সংযোগ দিলে গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে মূল তড়িৎপ্রবাহের 12.43 শতাংশ প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৩



[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. আপেক্ষিক রোধ কি? ১

খ. হারানো ভোল্টেজ বলতে কি বোঝ? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র থেকে I_1, I_2 ও I_3 এর মান বের কর? ৩

ঘ. যদি তড়িচ্চালক শক্তির উৎস E_2 সরিয়ে নেওয়া হয়, তাহলে I_1, I_2 ও I_3 এর মান বের কর। মানের কি পরিবর্তন হবে? গাণিতকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি একটি অংশ V′ = Ir = E − IR হ কোষের ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করতে ব্যয়িত হয় তাকে হারানো ভোল্ট বলে। কেননা তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন ভোল্টমিটারের সাহায্যে কোনো কোষের দুই পাতের বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা হলে যুক্ত অবস্থার বিভব পার্থক্যের চেয়ে এই পরিমাণ বিভব পার্থক্য কম পাওয়া যায়। প্রবাহ যত বেশি হবে হারানো ভোল্টও তত বেশি হবে

গ উদ্দীপকের বর্তনীর বামপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$2I_1 + 5I_3 - 3 = 0$

বা, $2I_1 + 5I_3 = 3$............(i)

ডান পাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$1.5 - 1I_2 - 5I_3 = 0$

বা, $I_2 + 5I_3 = 1.5$...........(ii)

P বিন্দুতে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

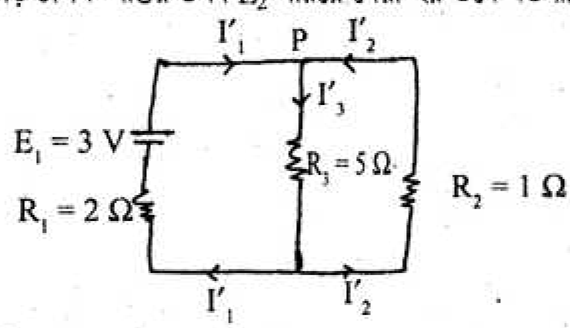
$I_1 + I_2 = I_3$

বা, $I_1 + I_2 - I_3 = 0$...........(iii)

(i), (ii) ও (iii) সমাধান করে পাই,

$I_2 = 0.6176A$, $I_2 = -0.2647A$ এবং $I_3 = 0.3529A$ **(Ans.)**

ঘ যদি তড়িচ্চালক শক্তির উৎস E_2 সরিয়ে নেয়া হয় তবে বর্তনীটি হবে,



চিত্রে বর্তনীর বামপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$2I'_1 + 5I'_3 - 3 = 0$

বা, $2I'_1 + 5I'_3 = 3$............ (i)

ডানপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-1I'_2 - 5I'_3 = 0$

বা, $I'_2 + 5I'_3 = 0$............. (ii)

P বিন্দুতে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$I'_1 + I'_2 = I'_3$

বা, $I'_1 + I'_2 - I'_3 = 0$ ....(iii)

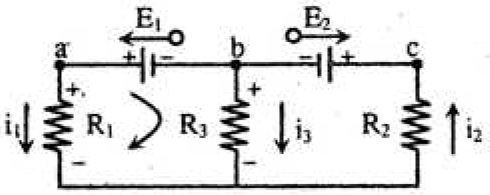
(i), (ii) ও (iii) সমাধান করে পাই,

$I'_1 = 1.0588A, I'_2 = -0.8823A$ এবং $I'_3 = 0.1765A$

$\therefore I_1 \neq I'_1, \quad I_2 \neq I'_2, \quad I_3 \neq I'_3$

অর্থাৎ, যদি তড়িচ্চালক শক্তির উৎস E_2 সরিয়ে নেয়া হয় তবে I_1, I_2 ও I_3 এর মানের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৪



এখানে, $R_1 = R_2 = R_3 = 20\Omega$ এবং $E_1 = E_2 = 6V$

[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]

ক. রোধ কী? ১

খ. ওহমের সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. i_1 এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. i_3 ও i_2 এর তুলনা করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচল বাধা প্রাপ্ত হয় তাকে রোধ বলে।

খ ওহমের সূত্রটি হলো- নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর মধ্যদিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তা এর দু'প্রান্তের বিভবপার্থক্যের সমানুপাতিক। মনে করি, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর দু'প্রান্তে V মানের বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করায় এর মধ্যদিয়ে I মানের তড়িৎ প্রবাহিত হয়। তাহলে ওহমের সূত্রানুসারে $I \propto V$

বা, $I = GV$

G সমানুপাতিক ধ্রুবক; একে পরিবাহিতা বলে। এর বিপরীত রাশি হলো রোধ (R) অর্থাৎ $G = \frac{1}{R}$

$\therefore I = \frac{V}{R}$ বা, $V = IR$

এটিই ওহমের সূত্রের সাধারণ গাণিতিকরূপ।

গ দেওয়া আছে, $R_1 = R_2 = R_3 = 20\Omega$ এবং $E_1 = E_2 = 6V$

d নোডে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$i_2 = i_1 + i_3$ বা, $i_3 = i_2 - i_1$

বামপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$E_1 - i_1R_1 + i_3R_3 = 0$

বা, $E_1 - i_1R_1 + (i_2 - i_1) R_3 = 0$

বা, $6 - 20i_1 + (i_2 - i_1) 20 = 0$

বা, $-20i_1 + 20i_2 - 20i_1 = -6$

বা, $-40i_1 + 20i_2 = -6$

$\therefore 20i_1 - 10i_2 = 3$ .... (i)

ডানপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$E_2 + i_2R_2 + i_3R_3 = 0$

বা, $6 + 20i_2 + (i_2 - i_1) 20 = 0$

বা, $6 + 20i_2 + 20i_2 - 20i_1 = 0$

বা, $-20i_1 + 40i_2 = -6$ .... (ii)

$(i) + (ii) \Rightarrow 20i_1 - 10i_2 - 20i_1 + 40i_2 = 3 - 6 = -3$

বা, $30i_2 = -3 \therefore i_2 = -0.1A$

i_2 এর মান (i) নং -এ বসিয়ে পাই, $20i_1 - 10(-0.1) = 3$

বা, $20i_1 + 1 = 3$

বা, $20i_1 = 2$

$\therefore i_1 = 0.1A$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, $i_2 = -0.1A$

বর্তনীর d নোডে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$i_2 = i_1 + i_3$ বা, $i_3 = i_2 - i_1$

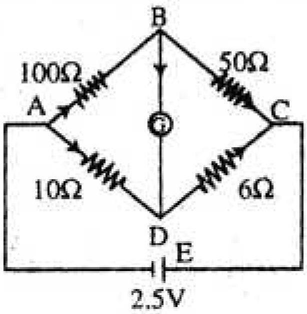
$= -0.1A - 0.1A = -0.2A$

$\therefore i_3$ ও i_2 এর তুলনামূলক অনুপাত $= i_3 : i_2$

$= -0.2A \text{ L} \div 0.1A = 2 : 1$

অতএব, i_3 এর মান i_2 এর মানের দ্বিগুণ।

প্রশ্ন ▶ ২৫ চিত্রটি পর্যবেক্ষণ করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]

ক. এক ইলেকট্রন ভোল্ট কি? ১

খ. বিশুদ্ধ ধাতুর পরিবর্তে বৈদ্যুতিক ফিউস এ সংকর ধাতু ব্যবহৃত হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. BC বাহুতে কত রোধ কিভাবে সংযুক্ত করলে হুইটস্টোন ব্রীজটি ভারসাম্য লাভ করবে। ৩

ঘ. বর্তনীর গ্যালভানোমিটার এবং ভোল্টেজ উৎস স্থান পরিবর্তন করলে হুইটস্টোন ব্রীজের নীতিতে পরিবর্তন আসবে —তোমার মতামত দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি ইলেকট্রনকে এক ভোল্ট বিভব পার্থক্য অতিক্রম করতে যে কাজ করতে হয় তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ সীসা ও টিনের (সীসা 75% এবং টিন 25%) সংমিশ্রণে তৈরি একটি সরু তারকে নিরাপত্তা ফিউজ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এ তারের গলনাঙ্ক কম (প্রায় 300°C)। তারের মধ্য দিয়ে অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহিত হলে তারটি গরম হয়ে উঠে এবং তা গলে গিয়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়। মূলত গলনাঙ্ক কমাবার জন্য নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার করা হয় না।

গ দেওয়া আছে,

হুইটস্টোন ব্রীজের, $P = 100\Omega, Q = 50\Omega, R = 10\Omega, S = 6\Omega$

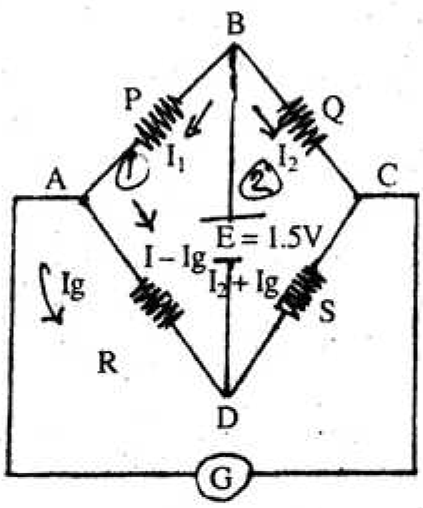
BC বাহুর রোধের (Q) পরিবর্তন ঘটাতে হবে যাতে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আসে। তাহলে, $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

$\therefore Q = \frac{PS}{R} = \frac{100\Omega \times 6\Omega}{10\Omega} = 60\Omega$

লক্ষ করি, $60\Omega > 50\Omega$ (BC বাহুর বর্তমান রোধ)

সুতরাং BC বাহুতে $(60\Omega - 50\Omega)$ বা 10Ω রোধ শ্রেণিতে সংযুক্ত করতে হবে।

ঘ মনে করি, গ্যালভানোমিটার ও তড়িৎ কোষ পরস্পর স্থান বিনিময় করা হলো। তাহলে বর্তনীটি দেখতে নিম্নরূপ হবে।



(i) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-PI_1 - R(I_1 - I_g) + E = 0$ .... (i)

(2) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-QI_2 - (I_2 + I_g)S + E = 0$ .... (ii)

ব্রীজের সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে $I_g = 0$; সেক্ষেত্রে (i) ও (ii)নং সমীকরণ হতে পাই, $E = (P + R) I_1$

এবং, $E = (Q + S)I_2$

অর্থাৎ, $I_1 = \frac{E}{P+R}$, $I_2 = \frac{E}{Q+S}$

∴ A বিন্দুর বিভব, $V_A = E - I_1P = E - \frac{E}{P+R}P$

$= \frac{EP + ER - EP}{P+R} = \frac{E}{P+R}R$

এবং C বিন্দুর বিভব, $V_C = E - I_2Q = E - \frac{E}{Q+S}Q$

$= \frac{EQ + ES - EQ}{Q+S} = \frac{E}{Q+S}S$

$I_g = 0$ হতে হলে $V_A = V_C$ হতে হবে; অর্থাৎ $\frac{ER}{P+R} = \frac{ES}{Q+S}$ হতে হবে

বা, $\frac{P+R}{R} = \frac{Q+S}{S}$

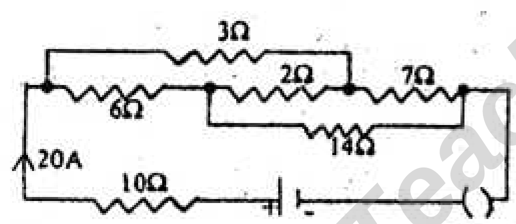
বা, $\frac{P}{R} + 1 = \frac{Q}{S} + 1$

বা, $\frac{P}{R} = \frac{Q}{S}$

বা, $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

ইহা উদ্দীপকে প্রদত্ত হুইটস্টোন ব্রীজের সাম্যাবস্থার শর্ত। সুতরাং উদ্দীপকের বর্তনীর গ্যালভানোমিটার ও তড়িৎ কোষের পরস্পর স্থান বিনিময়ে হুইটস্টোন ব্রীজ নীতির পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶২৬



[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ চৌম্বক আবেশ কাকে বলে? ১

খ. আবেশক কুন্ডলীতে প্রদত্ত ভোল্টেজ অপেক্ষা প্রাপ্ত ভোল্টেজ কম হয়–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 10Ω রোধে উৎপন্ন তাপের হার নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের 2Ω রোধের মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবর্তনশীল চৌম্বক ফ্লাক্স তথা ক্ষেত্র দ্বারা বন্ধ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল তথা তড়িৎ প্রবাহের উৎপত্তির ঘটনাকে তড়িৎচুম্বকীয় আবেশ বলে।

খ আবেশক কুণ্ডলীতে যখন তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তনের জন্য পারস্পরিক আবেশ তৈরি করে, তখন একই সাথে নিজের উপর একটি স্বকীয় আবেশও তৈরি হয়। আমরা জানি, লেঞ্জের সূত্র অনুযায়ী, এই স্বকীয় আবেশের ফলে সৃষ্ট তড়িৎ প্রবাহের দিক হয় পূর্বের প্রবাহের বিপরীত দিকে।

ফলে আবিষ্ট ভোল্টেজ এর দিকও হয় বিপরীত দিকে। ফলে প্রাপ্ত ভোল্টেজের মান প্রদত্ত ভোল্টেজ অপেক্ষা কম হয়।

গ দেওয়া আছে,

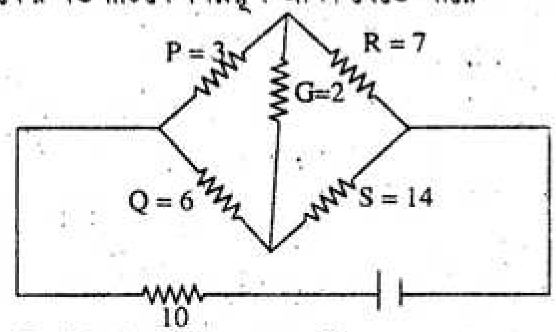
10Ω রোধ দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, $i = 20A$

∴ উৎপন্ন তাপের হার, $P = i^2R$

$= 20^2 \times 10$

$= 4000$ W **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীটিকে নিম্নরূপ আঁকা যেতে পারে-



বর্তনীটি একটি হুইটস্টোন ব্রীজ এর বর্তনী।

আমরা জানি, হুইটস্টোন ব্রীজ সাম্যাবস্থায় থাকে যদি ব্রীজের দুই বাহুর রোধের অনুপাত সমান থাকে।

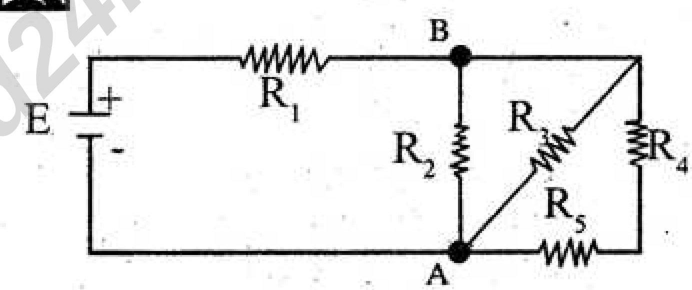
অর্থাৎ, $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ হয়।

এখানে, $\frac{P}{Q} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$

এবং $\frac{R}{S} = \frac{7}{14} = \frac{1}{2}$

∴ বর্তনীটি সাম্যাবস্থায় আছে। ফলে 2Ω রোধের মধ্য দিয়ে কোন তড়িৎপ্রবাহ হবে না।

প্রশ্ন ▶২৭



চিত্রে, $E = 6V$, $R_1 = 100Ω$, $R_2 = R_3 = 70Ω$, $R_4 = 75Ω$, $R_5 = 60Ω$

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. অভ্যন্তরীণ রোধ কি? ১

খ. রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা করো। ২

গ. A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য কত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করা সম্ভব কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎ উৎস যখন বহিঃস্থ বর্তনীতে তড়িৎ প্রেরণ করে তখন তড়িৎ উৎসের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহকালে যে বাধার সম্মুখীন হয় তাকে অভ্যন্তরীণ রোধ বলে।

খ কোন পরিবাহকের রোধ তার তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহকের রোধ বাড়ে। পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনের প্রবাহের ফলে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হয়। মুক্ত ইলেকট্রন প্রবাহের সময় পরিবাহকের অণু পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়, যার কারণে পরিবাহকে রোধের উদ্ভব হয়। তাপমাত্রা বাড়লে অতিরিক্ত শক্তি পাওয়ায় পরিবাহকের অণু পরমাণুগুলোর কম্পন বেড়ে যায়। ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর সাথে এদের সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায় এবং প্রবাহ চলার পথে বেশি বাধা সৃষ্টি হয়। যার ফলে পরিবাহকের রোধ বৃদ্ধি পায়। তাপমাত্রা বাড়লে রোধ বাড়ে কিন্তু রোধ তাপমাত্রার সমানুপাতিক নয়। রোধের উষ্ণতা সহগ তাপমাত্রার সাথে রোধের সম্পর্ক স্থাপন করে। আবার এই নিয়মের ব্যতিক্রম অর্ধ পরিবাহী। কেননা তাপমাত্রা বাড়ালে যোজন হতে পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন গমন করে। তাই রোধ কমে যায়।

গ দেওয়া আছে,

$R_1 = 100\Omega$
$R_2 = R_3 = 70\Omega$
$R_4 = 75\Omega$
$R_5 = 60\Omega$
$E = 6V$

বের করতে হবে, A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = ?$
চিত্রানুসারে R_4 ও R_5 শ্রেণীতে যুক্ত হয়ে R_3 ও R_2 এর সাথে সমান্তরাল সমবায় গঠন করে। উক্ত সমবায়ের তুল্য রোধ R_p হলে–

$R_p = \{(R_4 + R_5)^{-1} + R_3^{-1} + R_2^{-1})\}^{-1}$
$= \{(75 + 60)^{-1} + 70^{-1} + 70^{-1}\}^{-1}$
$= 27.8\ \Omega$

উক্ত R_p রোধ R_1 এর সাথে শ্রেণী সমবায় গঠন করে।
$\therefore$ বর্তনীর তুল্য রোধ, $R = R_1 + R_p = 100 + 27.8$
$= 127.8\ \Omega$

এবং বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = \frac{E}{R} = \frac{6}{128.8} = 0.047A$

$\therefore$ A ও B প্রান্তের বিভব পার্থক্য, V_{AB}
$= R_p$ সমবায়ে বিভব পতন
$= IR_p$
$= 0.047 \times 27.8$
$= 1.3066$ V (**Ans.**)

ঘ "গ" অংশ থেকে পাই,
বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = 0.047A$
A ও B প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = 1.3066V$
$\therefore$ R_1 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ, I_1 = মূল প্রবাহ, I
$= 0.047A$

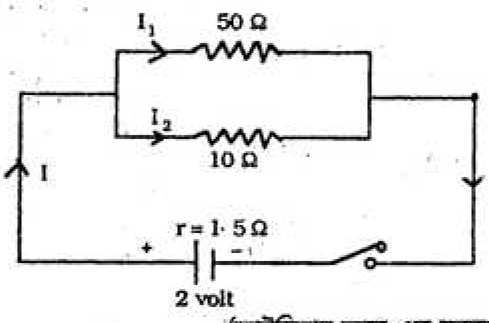
R_2 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ, $I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2}$
$= \frac{1.3065}{70}$
$= 0.0186A$

R_3 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ, $I_3 = I_2 = 0.0186A$
[$\because R_2 = R_3$ এবং এরা সমান্তরালে আছে]

R_4 ও R_5 শ্রেণীতে যুক্ত হওয়ায়,
R_4 এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ = R_5 এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ
$= \frac{V_{AB}}{R_4 + R_5}$
$= \frac{1.3065}{75 + 60}$
$= 9.68$ mA

সুতরাং প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ২৮ সজলের কাছে 2 ভোল্ট তড়িচ্চালক শক্তি ও 1.5 Ω অভ্যন্তরীণ রোধের তিনটি কোষ এবং 50Ω ও 10Ω এর দুটি রোধক আছে। সে একটি কোষ এবং রোধগুলো দিয়ে চিত্রের মতো একটি যন্ত্র তৈরি করলো। আবার 50 Ω রোধের সাথে কোষগুলোকে একবার শ্রেণিতে ও একবার সমান্তরালে সংযোগ করে তড়িৎ শক্তি বৃদ্ধি পর্যবেক্ষণ করছিলো।



[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

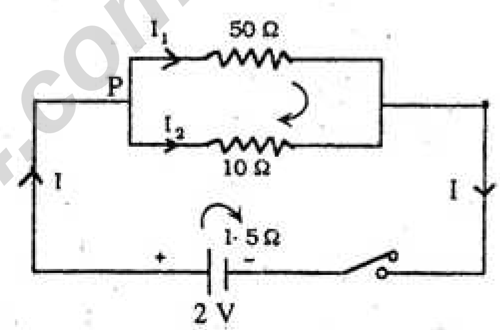
ক. রোধের উষ্ণতা গুণাংক কাকে বলে? ১
খ. বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহিতে তাপ উৎপন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
গ. কার্শফের সূত্র ব্যবহার করে উদ্দীপকে উল্লিখিত যন্ত্রের রোধগুলোর মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. কোষগুলোর কোন ধরনের সংযোগের ক্ষেত্রে একক সময়ে শক্তি বেশি হবে –গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 0°C তাপমাত্রায় একক রোধের কোনো পরিবাহীর তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে পরিবাহীর রোধের যে পরিবর্তন ঘটে তাকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের উষ্ণতা গুণাঙ্ক বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ

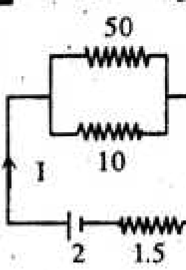


P বিন্দুতে কার্শফের প্রথম সূত্র ব্যবহার করে পাই,
$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I - I_1 - I_2 = 0$ .... (i)
$P \rightarrow 50\Omega \rightarrow 10\Omega \rightarrow P$ বর্তনীতে কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে,
$50I_1 - 10I_2 = 0$ ....(ii)
তড়িচ্চালক উৎস→P→10Ω→ তড়িচ্চালক উৎস বর্তনীতে একইভাবে পাই,

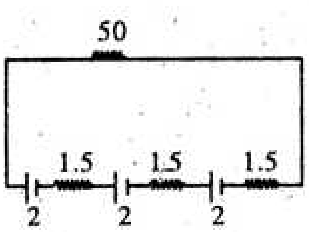
$10I_2 + 1.5I - 2 = 0$
বা, $1.5I + 0 \times I_1 + 10I_2 = 2$ ....(iii)

i, ii ও iii সমাধান করে পাই,
$I_1 = 0.03A$
$I_2 = 0.17A$ (**Ans.**)

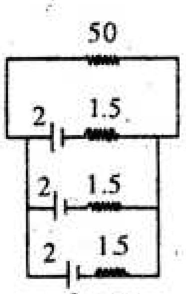
ঘ সম্ভাব্য বর্তনীগুলো নিম্নরূপ-



চিত্র-১



চিত্র-২



চিত্র-৩

চিত্র-১ অনুযায়ী
তুল্যরোধ, $R = \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{10}} + 1.5 = 9.83\Omega$
বিভব, V = 2V
$\therefore$ একক সময়ে শক্তি, $P = \frac{V^2}{R} = \frac{2^2}{9.83} = 0.4W$

চিত্র-২ অনুযায়ী,

তুল্যরোধ, $R = 50 + 1.5 + 1.5 + 1.5 = 54.5\Omega$

বিভব, $V = 2 + 2 + 2 = 6V$

$\therefore$ একক সময়ে শক্তি, $P = \frac{V^2}{R} = 0.66$ W

চিত্র-৩ অনুযায়ী, তুল্যরোধ, $R = \frac{1}{\frac{1}{1.5}+\frac{1}{1.5}+\frac{1}{1.5}} + 50$

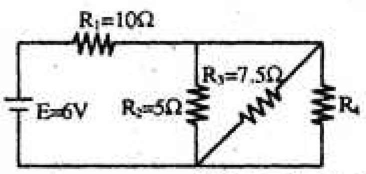
$= 50.5\ \Omega$

বিভব, $V = 2V$

$\therefore$ একক সময়ে শক্তি, $P = \frac{V^2}{R} = \frac{2^2}{50.5} = 0.08W$

$\therefore$ একক সময়ে সবচেয়ে বেশি শক্তি নির্গত হবে যখন 50Ω রোধটি তিনটি শ্রেণিতে যুক্ত কোষের সাথে যুক্ত হয়।

প্রশ্ন ▶ ২৯



[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. 1 kilowatt hour বলতে কী বোঝায়? ২

গ. বর্তনীর তুল্য রোধের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. একটা অ্যামিটার যার রোধ 100Ω সর্বোচ্চ 10mA কারেন্ট মাপতে পারে, আমরা R_1 এর মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট কি এর সাহায্যে মাপতে পারি? যদি না পারি তাহলে কি ব্যবস্থা নিতে পারি? ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ 1 কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন একটি যন্ত্র 1 ঘন্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে 1 কিলোওয়াট ঘন্টা বলে।

গ R_2, R_3 ও R_4 সমান্তরালে আছে

$\therefore$ তুল্যরোধ, $R_{234} = \frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}}$

$= \frac{1}{\frac{1}{5}+\frac{1}{7.5}+\frac{1}{1.5}}$

$= 1.875\ \Omega$

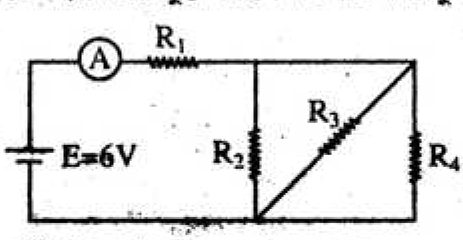
R_{234} এবং R_1 শ্রেণিতে যুক্ত।

$\therefore$ তুল্যরোধ, $R = R_1 + R_{234}$

$= 10 + 1.875$

$= 11.875\Omega$ **(Ans.)**

ঘ বর্তনীতে অ্যামিটার যুক্ত করলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হয়—



এখানে, অ্যামিটার এর রোধ, $R_A = 100\Omega$

'গ' হতে পাই, R_1, R_2, R_3 ও r_4 এর তুল্যরোধ, $R' = 11.875\ \Omega$.

$\therefore$ এখন, তুল্যরোধ, $R = R_A + R'$

$= 100 + 11.875$

$= 111.875\ \Omega$

$\therefore$ অ্যামিটার তথা R_1 দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R} = \frac{6}{111.875}$

$= 53.63$ mA

$\therefore$ উক্ত অ্যামিটার দিয়ে R_1 এর মধ্যবর্তী তড়িৎ প্রবাহ মাপা সম্ভব নয়, কেননা অ্যামিটার মাপতে পারে সর্বোচ্চ 10 mA.

উক্ত অ্যামিটার ব্যবহার করেই 53.63A তড়িৎ প্রবাহ মাপতে চাইলে আমরা একটি সান্ট অ্যামিটারের সমান্তরালে যুক্ত করতে পারি যাতে অ্যামিটার দিয়ে 10mA তড়িৎ প্রবাহই চালিত হয়।

যদি সান্টের রোধ হয় s,

তবে অ্যামিটার দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ,

$I_A = I \times \frac{S}{R_A + S}$

$\Rightarrow \frac{I}{I_A} = \frac{R_A + S}{S} = \frac{R_A}{S} + 1$

$\Rightarrow \frac{R_A}{S} = \frac{I}{I_A} - 1$

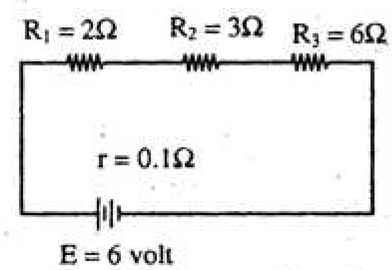
$\Rightarrow \frac{100}{s} = \frac{53.63}{10} - 1$

$\Rightarrow \frac{100}{5} = \frac{53.63}{10} - 1$

$\therefore S = 22.92\ \Omega$

অতএব, 22.92Ω মানের একটি রোধ অ্যামিটারের সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩০



[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. পরমাণুর শক্তি লেভেলের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. বোর কক্ষের ব্যাসার্ধের সমীকরণ লিখ এবং এর মান লিখ। ২

গ. $R_3 = 6\Omega$ দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কত? ৩

ঘ. যদি R_1, R_2, R_3 কে সমান্তরালে যুক্ত করা হয় তবে বর্তনী দিয়ে প্রবাহিত মূল প্রবাহ বাড়বে? ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরমাণুর প্রতিটি কক্ষপথের একটি নির্দিষ্ট শক্তি থাকে। এই শক্তি সম্পন্ন কোন ইলেকট্রন উক্ত শক্তিস্তরে থাকতে পারে। নির্দিষ্ট শক্তি সম্পন্ন এই স্তরসমূহকে পরমাণুর শক্তি লেভেল বলে।

খ বোর কক্ষের ব্যাসার্ধের সমীকরণ হল, $r_1 = \frac{h^2\epsilon_0}{\pi m e^2}$

এবং এর মান $r_1 = 0.53$ Å।

গ তুল্যরোধ, $R_s = 2 + 3 + 6 + 0.1$

$= 11.1\ \Omega$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহ, $I_s = \frac{V}{R_s}$

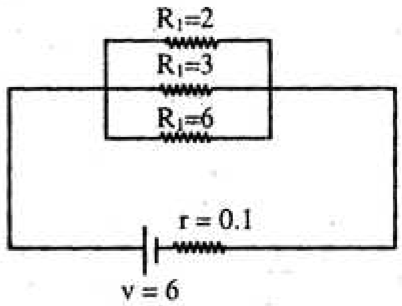
$= \frac{6}{11.1}$

$= 0.54$ A

$\therefore$ R_3 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য $= 6 \times 0.54$

$= 3.24$ V **(Ans.)**

ঘ R_1, R_2, R_3 কে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ–



$\therefore$ তুল্যরোধ, $R_p = R_1 \| R_2 \| R_3 + r$

$$= \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}} + r$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}} + 0.1$$

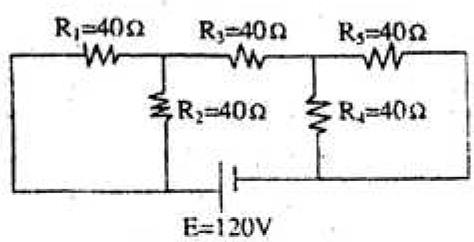
$$= 1.1$$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহ, $I_p = \frac{V}{R_p} = \frac{6}{1.1} = 5.46$ A

'গ' হতে, তড়িৎ প্রবাহ, $I_s = 0.54$A

অতএব, তড়িৎ প্রবাহ বাড়বে। **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶ ৩১



বর্তনী চিত্রটি ব্যবহার করে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. লরেঞ্জ বল কী? ১

খ. অর্ধপরিবাহীর রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক ঋণাত্মক কেন– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. R_2 এবং R_3 রোধে তাপ উৎপাদনের হার সমান হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে তড়িৎক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্র যুগপৎ বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল চার্জ যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ 0°C তাপমাত্রার একক রোধের কোনো পরিবাহকের তাপমাত্রা প্রতি একক বৃদ্ধিতে তার রোধের যে পরিবর্তন হয় তাকে ঐ পরিবাহকের উপাদানের রোধের উষ্ণতা সহগ বলে।

0°C তাপামাত্রায় কোনো পরিবাহকের রোধ R_0 ও θ°C তাপমাত্রায় R_0 হলে, রোধের উষ্ণতা সহগ α হলে,

$$\alpha = \frac{R_\theta - R_0}{R_0\theta}$$

অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় বা রোধ হ্রাস পায় বলে, $R_\theta < R_0$ বা, $R_\theta - R_0 < 0$

$$\therefore \alpha < \frac{R_\theta - R_0}{R_0\theta} \quad \text{বা, } \alpha < 0$$

একারণে অর্ধপরিবাহীর রোধের উষ্ণতা সহগ ঋণাত্মক।

গ বর্তনীতে সমান মানের রোধগুলোর মধ্যে R_1 ও R_2 সমান্তরালে, R_4 ও R_5 সমান্তরালে এবং এদের তুল্যরোধদ্বয় R_3 এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত। সমান্তরালে যুক্ত R_1 ও R_2 এর তুল্য রোধ, R_{P_1} হলে,

$$\frac{1}{R_{P_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{40} + \frac{1}{40} = \frac{2}{40} = \frac{1}{20}$$

এখানে,
রোধ, $R_1 = 40\Omega$
রোধ, $R_2 = 40\Omega$

$\therefore R_{P_1} = 20\Omega$

একইভাবে সমান্তরালে যুক্ত, R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধ, $R_{P_2} = 20\Omega$

$\therefore$ শ্রেণিতে যুক্ত R_{P_1}, R_{P_2} ও R_3 এর তুল্যরোধ, R_{eq} হলে,

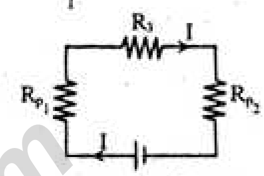
$R_{eq} = R_{P_1} + R_{P_2} + R_3$
$= 20 + 20 + 40$
$= 80\Omega$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, বর্তনীতে তুল্যরোধ, $R_{eq} = 80\Omega$

বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ I হলে,

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{120}{80} = 1.5 \text{ A}$$

এখানে,
তড়িৎ উৎসের বিভব, V = 120V



$\therefore$ শ্রেণিতে যুক্ত R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ R_{P_1}, R_3 এবং R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধের R_{P_2} মধ্য দিয়ে এই 1.5A তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

R_2 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ I_2 হলে,

$$I_2 = \frac{R_1}{R_2 + R_1} \times I = \frac{40}{40+40} \times 1.5 = 0.75 \text{ A}$$

$\therefore$ R_2 ও R_3 রোধে তাপ উৎপাদনের হার যথাক্রমে P_2 ও P_3 হলে,

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{I_2^2 R_2}{I^2 R_3} = \frac{(0.75)^2 \times 40}{(1.5)^2 \times 40} = \frac{1}{4}$$

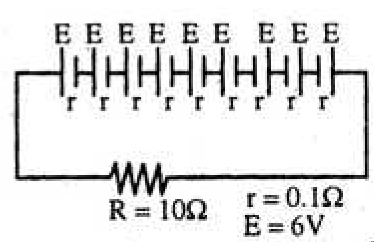
$\therefore \frac{P_2}{P_3} < 1$

বা, $P_2 < P_3$

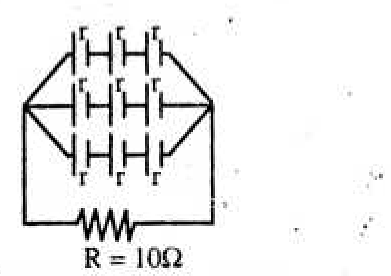
অর্থাৎ, R_3 রোধে তাপ উৎপাদনের হার R_2 রোধ অপেক্ষা বেশি।

অতএব, তাপ উৎপাদনের হার R_2 ও R_3 রোধে সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩২



বর্তনী : ক



প্রতিটি কোষের E = 6V, r = 0.1Ω

বর্তনী : খ

[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িচ্চালক বল কাকে বলে? ১

খ. বর্তনীতে সান্টের সজ্জা ও মান কিরূপ বাঞ্ছনীয় যুক্তিসহ ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. ক বর্তনীতে মূল তড়িৎ প্রবাহের মান কত হবে? ৩

ঘ. খ বর্তনীর বহিঃস্থ রোধের মানে কী পরিবর্তন আনলে দুই ক্ষেত্রে মূল প্রবাহের মান একই হবে? ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে উৎসের তড়িচ্চালক বল বলে।

খ অধিক পরিমাণ প্রবাহ গিয়ে যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে একটি অল্প মানের রোধ সান্ট হিসেবে সংযুক্ত করা হয়। এর ফলে মূল প্রবাহ দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে যায় এবং শান্টের রোধ কম হওয়ায় বেশি পরিমাণ প্রবাহ এর ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হয় এবং অল্প পরিমাণ প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়।

গ অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.1\Omega$

বিভব পার্থক্য, $V = 6$ V

অভ্যন্তরীণ রোধের সংখ্যা, $n = 9$

রোধ, $R_1 = 10\Omega$

$\therefore$ তুল্যরোধ, $R = R_1 + nr$

$= 10 + 0.1 \times 9$

$= 10.9\ \Omega$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{nV}{R}$

$= \frac{9 \times 6}{10.9}$

$= 4.95$ A **(Ans.)**

ঘ 'খ' বর্তনীতে তড়িচ্চালক কোষগুলোর অভ্যন্তরীণ রোধগুলোর তুল্যরোধ, $R' = \cfrac{1}{\frac{1}{3 \times 0.1} + \frac{1}{3 \times 0.1} + \frac{1}{3 \times 0.1}}$

$= 0.1$

মোট বিভব পার্থক্য, $V = 3 \times 6 = 18V$

ধরি, বহিস্থ রোধ হিসাবে S ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহ 'গ' এর প্রবাহ এর সমান থাকবে।

$\therefore$ তখন তুল্যরোধ, $R' = S + 0.1$

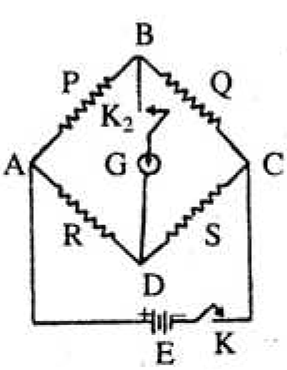
$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহ $= \frac{V}{R'} = 4.95$

$\Rightarrow \frac{18}{S + 0.1} = 4.5$

$\therefore S = 3.54\ \Omega$

অতএব, বহিঃস্থ বর্তনীর রোধের মান $(10 - 3.54)\Omega$ বা $6.46\ \Omega$ কমালে ক চিত্রের প্রবাহের সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ নিচে হুইটস্টোন ব্রীজের চিত্রে ১ম, ২য়, ৩য় ও ৪র্থ বাহুর রোধ যথাক্রমে $P = 8\Omega$, $Q = 12\Omega$, $R = 16\Omega$ ও $S = 20\Omega$। $E = 4V$ এবং $r = 1\Omega$।



[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. কার্শফের সূত্র দুটি লিখো। ১

খ. তাপমাত্রা কীভাবে Si এবং Cu এর রোধের পরিবর্তন ঘটায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের চতুর্থ বাহুতে কত রোধ যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে? তা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ব্রীজটির সাম্যাবস্থায় মোট তড়িৎ প্রবাহ এবং রোধগুলো শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে মোট তড়িৎ প্রবাহের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক মতামত দাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক **কির্শফের প্রথম সূত্র:** তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\Sigma i = 0$।

দ্বিতীয় সূত্র: কোনো বন্ধ বর্তনীর বিভিন্ন উপাদানগুলোর রোধ এবং এদের সাথে সংশ্লিষ্ট প্রবাহের গুণফলগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল ঐ বন্ধ বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত মোট তড়িচ্চালক বলের সমান। অর্থাৎ যেকোনো বন্ধ বর্তনীর ক্ষেত্রে, $\Sigma Ri = \Sigma E$।

খ Si একটি অর্ধপরিবাহী মৌল। অপরদিকে Cu একটি পরিবাহী ধাতু। এই দুই মৌলের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ভিন্ন। পরিবাহীর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে এর রোধকত্ব বৃদ্ধি পায়। অপর দিকে অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে কিছু ইলেকট্রন এর যোজন ব্যান্ড থেকে পরিবহন ব্যান্ডে চলে আসে। ফলে এর পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ রোধকত্ব হ্রাস পায়।

সুতরাং, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে Si এর রোধ হ্রাস পেলেও Cu এর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 4Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

ঘ সাম্যাবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ

$I = \frac{E}{R_{eq}}$

এখানে R_{eq} = বর্তনীর তুল্যরোধ

এখানে P এবং Q শ্রেণীতে এবং R এবং S শ্রেণীতে রয়েছে এবং এরা পরস্পর সমান্তরালে রয়েছে।

এখানে,
১ম বাহুর রোধ, $P = 8\Omega$
২য় বাহুর রোধ, $Q = 12\Omega$
৩য় বাহুর রোধ, $R = 16\Omega$
সাম্যাবস্থায় ৪র্থ বাহুর রোধ, $S = 24\Omega$ [গ হতে]
তড়িচ্চালক বল, $E = 4V$
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 1\Omega$

ধরি, $R_1 = P + Q$

$= 20\Omega$

এবং $R_2 = R + S$

$= 16 + 24$

$= 40\Omega$

$\therefore \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$= \frac{1}{20} + \frac{1}{40}$

$R_p = \frac{40}{3}\ \Omega$

এখন, $R_{eq} = R_p + r$

$\therefore R_{eq} = \frac{40}{3} + 1$

$= \frac{43}{3}\ \Omega$

বর্তনীর প্রবাহ, $I = \cfrac{4}{\frac{43}{3}}$

$= \frac{12}{43}$

$= 0.279$ A

শ্রেণি সমবায়ে রোধগুলো যুক্ত করলে,

$R_s = P + Q + R + S + r$

$= 8 + 12 + 16 + 24 + 1$

$= 61\Omega$

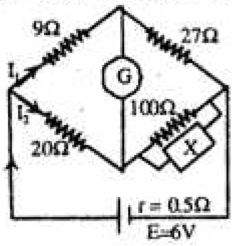
এখন, বর্তনীর প্রবাহ, $I = \frac{4}{61}\Omega$

$= 0.0656A$

প্রবাহ কমে যাবে $(0.279 - 0.0656)A$

$= 0.2134A$ **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶৩৪ রোধকের গায়ের কালার দেখেও রোধের মান নির্ণয় করা যায়। কিন্তু দ্বিতীয় বর্ষের ছাত্রী নিধি দেখে একটি রোধকের গায়ে কোন কালার নেই। তাই সে ব্যবহারিক ক্লাসে রোধকটিকে X ধরে নিম্নোক্ত চিত্রানুযায়ী সংযোগ দিয়ে এর মান নির্ণয় করল।



হুইটস্টোন ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আছে।

[মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা]

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. X-এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কার্শফের সূত্র প্রয়োগ করে I_1 এবং I_2 নির্ণয়ের গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে সান্ট বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ

হুইটস্টোন ব্রিজের সাম্যাবস্থায়,

$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

বা, $S = \frac{Q}{P} \times R = \frac{27}{9} \times 20$

$= 60\Omega$

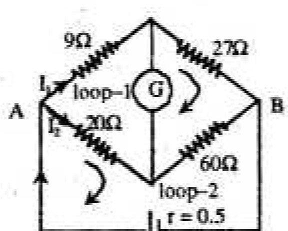
এখন, $\frac{1}{60} = \frac{1}{100} + \frac{1}{X}$

বা, $\frac{1}{X} = \frac{1}{60} - \frac{1}{100}$

$\therefore X = 150\Omega$

এখানে,
১ম বাহুর রোধ, $P = 9\Omega$
২য় বাহুর রোধ, $Q = 27\Omega$
৩য় বাহুর রোধ, $R = 20\Omega$
৪র্থ বাহুর রোধ, $S = ?$

ঘ



A বিন্দুতে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$I = I_1 + I_2$

loop – 1-এ কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$9I_1 + 27I_1 - 60I_2 - 20I_2 = 0$

বা, $36I_1 = 80I_2$

$\therefore I_1 = \frac{80}{36}I_2$

$= \frac{20}{9}I_2$

loop–2-এ কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$0.5I + 20I_2 + 60I_2 = 6$

বা, $0.5(I_1 + I_2) + 80I_2 = 6$ [$\because I = I_1 + I_2$]

বা, $0.5I_1 + 0.5I_2 + 80I_2 = 6$

বা, $0.5 \times \frac{20}{9}I_2 + 80.5I_2 = 6$; [$\because I_2 = \frac{20}{9}I_2$]

বা, $\frac{1469}{18}I_2 = 6$

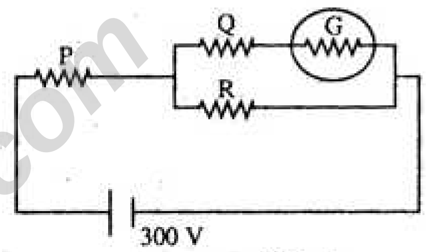
$\therefore I_2 = 0.0735A$

এখন, $I_1 = \frac{20}{9}I_2$

$= \frac{20}{9} \times 0.0735A$

$= 0.163A$

প্রশ্ন ▶৩৫



$P = Q = 50\Omega$; $G = 100\Omega$ (গ্যালভানোমিটার); $R = 6P$

গ্যালভানোমিটারের তড়িৎ প্রবাহের সীমা 0A থেকে 1.5A।

[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. পরিবাহী তার হিসাবে চিকন তার অপেক্ষা মোটা তার বেশি উপযোগী কেন? —ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীতে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কত পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হবে? ৩

ঘ. R রোধ অপসারণ করে কীভাবে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করা যায়? —গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে শান্ট বলে।

খ আমরা জানি, $R = \rho\frac{L}{A}$; সুতরাং একই উপাদান ও একই দৈর্ঘ্যের দুটি তারের মধ্যে যেটি মোটা বা প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বেশি, সেটির রোধ কম হবে। রোধ কম হলে সেটা সুপরিবাহী হিসেবে চিহ্নিত হবে এবং $P = I^2R$ সূত্রানুসারে এর মধ্যদিয়ে নির্দিষ্ট মানের তড়িৎপ্রবাহে তুলনামূলকভাবে কম শক্তির অপচয় ঘটবে। এ সকল কারণে পরিবাহী তার হিসেবে চিকন তার অপেক্ষা মোটা তার বেশি উপযোগী।

গ $Q = 50\Omega$ এবং $G = 100\Omega$ রোধদ্বয় শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ, $R_s = Q + G = 50\Omega + 100\Omega = 150\Omega$। R_s এবং R (=6p = $6 \times 50\ \Omega = 300\ \Omega$) সমান্তরালে যুক্ত, এদের তুল্যরোধ R_p হলে $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R} = \frac{1}{150\Omega} + \frac{1}{300\Omega} = \frac{2+1}{300\Omega} = \frac{3}{300\Omega}$

$\therefore R_p = \frac{300\Omega}{3} = 100\Omega$

P এবং R_p শ্রেণিতে যুক্ত, সুতরাং বর্তনীর সর্বমোট তুল্যরোধ, $R_{eq} = P + R_p = 50\Omega + 100\Omega = 150\ \Omega$

$\therefore$ বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{300V}{150\Omega} = 2A$

R এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য V এবং সমান্তরাল শাখাদ্বয়ে তড়িৎ প্রবাহ যথাক্রমে I_1 ও I_2 হলে,

$$I_1 = \frac{R}{Q+G+R}\ I = \frac{300\Omega}{50\Omega + 100\Omega + 300\Omega} \times 2A$$
$$= 1.333A$$

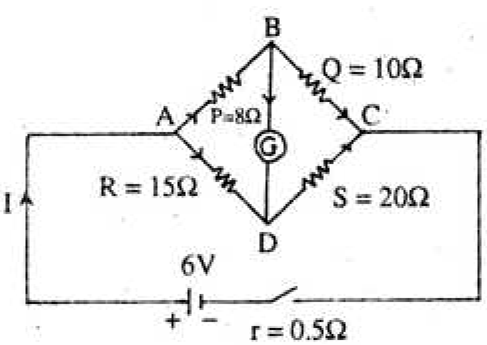
সুতরাং বর্তনীতে গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট = 1.333A **(Ans.)**

ঘ R রোধ অপসারণ করলে বর্তনীর মোট রোধ দাঁড়ায় = P + Q + G = 50Ω + 50Ω + 50Ω + 100Ω = 200Ω

এক্ষেত্রে গ্যাভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট $I = \frac{E}{P+Q+G}$

$= \frac{300\ V}{200\Omega} = 1.5A$, যা গ্যালভোনোমিটারের সহনশীল তড়িৎপ্রবাহের সীমার মধ্যেই পরে। তারপরও গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহ কমাতে চাইলে এর সাথে সমান্তরালে নিম্ন বা মধ্যম মানের রোধ সংযুক্ত করাই যথেষ্ট।

প্রশ্ন ▶ ৩৬



[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে? ১

খ. 'তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গ্যালভানোমিটার উপেক্ষা করে বর্তনীর মূল প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চিত্রের ব্রীজটি সাম্যবস্থায় আছে কী? না থাকলে S এর সাথে কত মানের রোধ কিভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আসবে? ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বিভব হচ্ছে আহিত পরিবাহকের বৈদ্যুতিক অবস্থা যা নির্ধারণ করে অন্য আহিত পরিবাহকের সাথে তড়িৎগতভাবে সংযুক্ত করলে পরিবাহক আধান দেবে না নেবে। অথবা, তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে আনতে কৃতকাজকে উক্ত বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

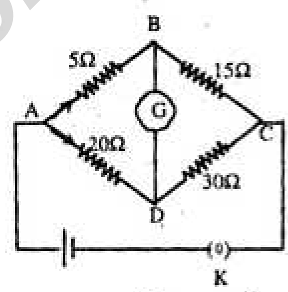
খ নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় এবং তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের মাধ্যমে এক মৌল অন্য মৌলে পরিণত হয়। তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। বাইরের কোনো প্রক্রিয়া যেমন— তাপ, চাপ, তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র ইত্যাদি এ ঘটনাকে প্রভাবিত করতে পারে না। তেজস্ক্রিয়তায় নিউক্লিয়াসের বাইরের ইলেকট্রনের কোনো ভূমিকা নেই। সুতরাং তেজস্ক্রিয়তা সম্পূর্ণরূপে একটি নিউক্লীয় ঘটনা।

গ এখানে, P = 8Ω
Q = 10Ω
R = 15Ω
S = 20Ω
অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 0.5Ω
কোষের বিভব, E = 6 V
বর্তনীর প্রবাহ, I = ?

গ্যালভানোমিটারটিকে উপেক্ষা করে,
P ও Q শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ,
$$R_s = P + Q = 8 + 10 = 18\Omega$$
R ও S শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ, $R_s' = R + S = (15 + 20)\Omega$
$$= 35\Omega$$
R_s ও R_s' সমান্তরাল সংযোগের তুল্যরোধ R_p হলে,
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R'_s}$$
$$\text{বা, } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{18} + \frac{1}{35}$$
$$\therefore R_p = 11.89\Omega$$
আমরা জানি,
$$I = \frac{E}{R_p + r}$$
$$\text{বা, } I = \frac{6}{11.89 + 0.5}$$
$$\therefore I = 0.4843\ A\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 300Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৭



[আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী]

ক. শক্তি ব্যান্ড কী? ১

খ. বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ভেজাল মেশানোর প্রয়োজনীয়তা কী? ২

গ. ৪র্থ বাহুর সাথে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ৪টি রোধকে সমান্তরালে যুক্ত করে যদি তুল্য রোধ J পাওয়া যায় তবে তার মান রোধগুলোর সর্বনিম্ন মানের চেয়ে ছোট হবে-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই পদার্থের কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির মান পরিপার্শ্বের পরমাণুগুলোর প্রভাবে কিছুটা পরিবর্তন হয়। ফলে ইলেকট্রনগুলোর শক্তি একটি নির্দিষ্ট মানে না থেকে একটি নির্দিষ্ট পাল্লা বা ব্যান্ড তৈরি করে। একে শক্তি ব্যান্ড বলে।

খ যে সব অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রন ও হোলের সংখ্যা সমান থাকে সেগুলোকে বিশুদ্ধ বা সহজাত অর্ধপরিবাহী বলে। এসব অর্ধপরিবাহীতে কোনো ভেজাল থাকে না।

অর্ধপরিবাহী পদার্থের আর একটা বিশেষ ধর্ম হচ্ছে যে, যদি কোনো বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে কোনো নির্দিষ্ট অপদ্রব্যের খুব সামান্য অংশ মেশানো হয় তাহলে এর রোধ অনেক গুণ কমে যায়। এ ধরনের মিশ্রণ পদ্ধতিকে বলা হয় ডোপিং। বিভিন্ন ডিভাইস বা যন্ত্রাংশ তৈরিতে অপদ্রব্য মিশ্রিত অর্ধপরিবাহী পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 30Ω রোধ শ্রেণিতে।

ঘ

এখন, P, Q, R, S কে সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য রোধ পাওয়া যায় J

এখানে,
১ম বাহুর রোধ, $P = 5\Omega$
২য় বাহুর রোধ, $Q = 35\Omega$
৩য় বাহুর রোধ, $R = 20\Omega$
৪র্থ বাহুর রোধ, $S = 30\Omega$

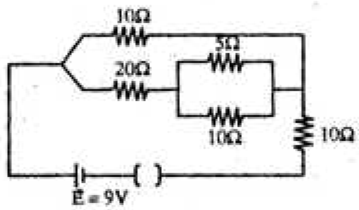
$\therefore \frac{1}{J} = \frac{1}{P} + \frac{1}{Q} + \frac{1}{R} + \frac{1}{S}$

$= \frac{1}{5} + \frac{1}{35} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$

$= 3.21\ \Omega$

বর্তনীর সবচেয়ে ছোট রোধ 5Ω কিন্তু তুল্যরোধ J এর মান 5 অপেক্ষাও ছোট।

প্রশ্ন ▶ ৩৮



[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১

খ. ম্যাঙ্গানিনের রোধের তাপমাত্রা সহগ $3 \times 10^{-5}\ K^{-1}$ বলতে কী বোঝ? ২

গ. বর্তনীর তুল্য রোধ কত? ৩

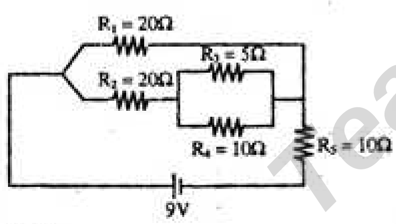
ঘ. মূল প্রবাহের শতকরা কত অংশ 5Ω রোধের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ ম্যাঙ্গানিনের রোধের তাপমাত্রা সহগ $3 \times 10^{-5} K^{-1}$ বলতে বোঝায় যে 0°C তাপমাত্রায় 1Ω রোধবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিনের তারের তাপমাত্রা 1K বাড়ালে এর রোধ $3 \times 10^{-5}\Omega$ বৃদ্ধি পায়।

গ



R_3 এবং R_4 সমান্তরালে,

$$\frac{1}{R_{P_1}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10}$$

$$R_{P_1} = \frac{10}{3}\Omega$$

R_2 এবং R_1 শ্রেণীতে

$$R_{S_1} = R_2 + R_{P_1} = 20 + \frac{10}{3} = \frac{70}{3}$$

R_1 এবং R_{S_1} সমান্তরালে,

$$\frac{1}{R_{P_2}} = \frac{1}{R_{S_1}} + \frac{1}{R_1} = \frac{1}{\frac{70}{3}} + \frac{1}{10}$$

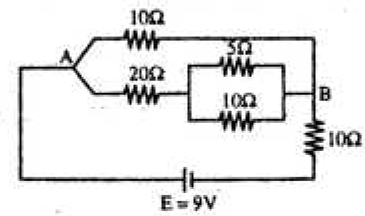
$$R_{P_2} = 7\Omega$$

এখন, R_{P_2} এবং R_5 শ্রেণিতে

$\therefore$ তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_{P_2} + R_5 = 7 + 10$

$\therefore R_{eq} = 17\Omega$ **(Ans.)**

ঘ



'গ' হতে পাই, A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী তুল্যরোধ,

$$R_{P_2} = 7\Omega$$

বর্তনীর মোট প্রবাহ,

$$I = \frac{E}{R_{eq}}$$

এখানে, $E = 9V$
এবং $R_{eq} = 17\Omega$ ('গ' হতে)

$$\therefore I = \frac{9}{17} = 0.529A$$

A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, V_{AB}

$$V_{AB} = I \times R_{P_2} = 0.529 \times 7 = 3.703$$

এখন, R_{s_1} এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_{R_{s_1}} = \frac{V_{AB}}{R_{s_1}} = \frac{3.703}{\frac{70}{3}};\ \left['গ'\ হতে\ পাই,\ R_{s_1} = \frac{70}{3}\Omega\right]$$

$$= 0.159A$$

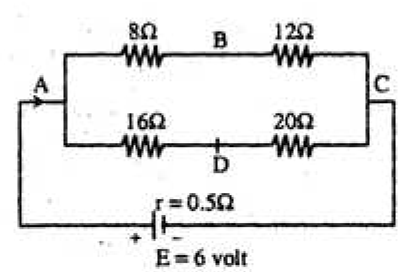
'Current Divider Rule' হতে পাই,
$R_3 = 5\Omega$ রোধের মধ্যে দিয়ে প্রবাহ,

$$I_{R3} = \frac{10}{10+5} \times 0.159A = 0.106A$$

মোট প্রবাহের অংশ $\frac{I_{R3}}{I} = \frac{0.106}{0.529} \times 100\% = 20.0378\%$

অতএব, মূল প্রবাহের 20.0378%, 5Ω রোধের ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৯



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী]

ক. কির্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে তড়িৎ বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে মূল তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে B ও D বিন্দুর সাথে একটি গ্যালভানোমিটার নগণ্য রোধ তার দ্বারা যুক্ত করলে কোন দিকে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে তা গাণিতিকভাবে নির্ণয় করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.45A

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: B থেকে D এর দিকে।

প্রশ্ন ▶৪০ আলম সাহেবের বাড়িতে 220V এর বৈদ্যুতিক লাইন আছে। তার বাড়িতে 100W -এর 3টি বালব, 25W -এর 3টি পাখা, 500W-এর 1 টি হীটার ও 2HP -এর একটি পাম্প আছে। বৈদ্যুতিক যন্ত্রগুলো দৈনিক গড়ে 3 ঘন্টা করে চলে। প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের মূল্য 6.00 টাকা। মেইন মিটার গায়ে লেখা আছে (2[illegible]0A) *[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]*

ক. তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশের ক্ষেত্রে ফ্যারাডের ২য় সূত্র বিবৃত করো। ১
খ. পারস্পরিক আবেশ গুণাংক 5H বলতে কী বুঝায়? ২
গ. আলম সাহেব মাসিক বিদ্যুৎ বিল কত প্রদান করেন? ৩
ঘ. আলম সাহেব সবগুলো যন্ত্র একসাথে সুইচ দেয়ায় মিটারটিতে আগুন ধরে যায় কেনো ব্যাখ্যা করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বন্ধ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।

খ পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক 5 হেনরি— এর অর্থ দুটি কুণ্ডলীর একটির মধ্য দিয়ে 1 As^{-1} হারে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন ঘটলে যদি গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি 5V হয়, তবে কুণ্ডলীদ্বয়ের পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক হবে 5 হেনরি।

গ বাড়ির বৈদ্যুতিক যন্ত্রসমূহের মোট ক্ষমতা,
$P = 100 \times 3 + 0.25 \times 220 \times 3 + 500 \times 1 + 2 \times 746$
[পাখার জন্য P = VI ব্যবহার করে]
$= 2458$ W
∴ দৈনিক মোট ব্যয়িত শক্তি $= 2457 \text{ W} \times 3\text{h}$
$= 2.457 \text{ kW} \times 3\text{h}$
$= 7.371$ kWh
$= 7.371$ unit
∴ মোট মাসিক খরচ $= 7.371 \times 6 \times 30$
$= 1326.78$ টাকা **(Ans.)**

ঘ (গ) হতে পাই, বাড়িতে সবগুলো যন্ত্র এক সাথে সুইচ দিলে মোট ক্ষমতা = 2457 W
কিন্তু, মেইন মিটারের সর্বোচ্চ ক্ষমতা $= 220 \times 10$
$= 2200$ W
ফলে, সবগুলো যন্ত্র একসাথে সুইচ দেয়ায় মেইন মিটারে আগুন ধরে যায়।

প্রশ্ন ▶৪১ মাহমুদ 200Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটার ক্রয় করল যার সাহায্যে সে 0.1A পর্যন্ত তড়িৎ প্রবাহ নিরাপদে মাপতে পারে। কিন্তু উক্ত গ্যালভানোমিটারের সাহায্যে মাহমুদ 20A তড়িৎ প্রবাহ মাপতে চায়। মাহমুদের বন্ধু জিসান তাকে বলল সে যদি উক্ত গ্যালভানোমিটারের সাথে 1Ω রোধের একটি সান্ট ব্যবহার করে তবে 20A তড়িৎ প্রবাহ মাপতে পারবে। *[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]*

ক. এন্ট্রপির মাত্রা লিখো। ১
খ. কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে C_v এর মান $15 JK^{-1} mol^{-1}$ বলতে কী বোঝ? ২
গ. উদ্দীপকের সান্টের গুণক কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের জিসানের কথা সত্য কি-না তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক [এন্ট্রপি] $= ML^2T^{-2}\theta^{-1}$

খ কোনো গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে ঐ গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে তাপ দরকার তাকে স্থির আয়তনে ঐ গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ (C_v) বলে। স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ বা C_v এর মান $15 \text{ Jmol}^{-1}K^{-1}$ বলতে বোঝায়, সংশ্লিষ্ট গ্যাসের 1 মোল পরিমাণের আয়তন যখন স্থির থাকে, তখন এতে 15J তাপ প্রদান করলে এর তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি পায়।

গ জানা আছে,
সান্টের গুণক, $n - 1 = \frac{G}{S}$
$= \frac{200}{1}$
$= 200$ **(Ans.)**

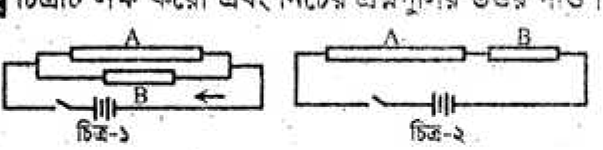
এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ, G = 200Ω
সান্টের রোধ, S = 1Ω
গুণক, (n – 1) = ?

ঘ জানা আছে,
সান্টের রোধ, $S = \frac{G}{n-1}$
$= \frac{200}{200-1}$
$= 1.005$
≈ 1

এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ, G = 200Ω
প্রবাহ বাড়াতে হবে, $n = \frac{20}{0.1} = 200$ গুণ

অতএব, জিসানের কথা ঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶৪২ চিত্রটি লক্ষ করো এবং নিচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও।



চিত্র-১ চিত্র-২

A তারের দৈর্ঘ্য B তারের দৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ কিন্তু উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল একই। উভয় বর্তনীতে একটি তড়িচ্চালক বলের ব্যাটারি ব্যবহার করা হয়। *[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]*

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১
খ. এলুমিনিয়ামের রোধের তাপমাত্রার সহগ $3.8 \times 10^{-3} K^{-1}$ বলতে কী বুঝ? ২
গ. ১ ও ২ নং বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহের তুলনা করো। ৩
ঘ. তড়িৎ প্রবাহকালে ১ ও ২ নং বর্তনীর কোন রোধটি বেশি উত্তপ্ত হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ অ্যালুমিনিয়ামের রোধের তাপমাত্রা সহগ $3.8 \times 10^{-3}K^{-1}$ বলতে বুঝায়, 0°C তাপমাত্রায় বিদ্যমান অ্যালুমিনিয়ামের 1Ω রোধের একটি খণ্ডের তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করলে এর রোধ $3.9 \times 10^{-3}Ω$ পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।

গ ধরা যাক A, B উভয় তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ও আপেক্ষিক রোধ যথাক্রমে A ও ρ এবং B তরের দৈর্ঘ্য = L

∴ A তারের দৈর্ঘ্য = 2L

∴ A তারের রোধ, $R_A = \frac{\rho 2L}{A}$

এবং B তারের রোধ, $R_B = \frac{\rho L}{A}$

∴ $\frac{R_A}{R_B} = \frac{\frac{\rho 2L}{A}}{\frac{\rho L}{A}} = 2$

বা, $R_A = 2R_B$

∴ ১ নং বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_1 = \left(\frac{1}{2R_B} + \frac{1}{R_B}\right)^{-1}$

$= \left(\frac{3}{2R_B}\right)^{-1}$

$= \frac{2R_B}{3}$

এবং ২নং বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_2 = 2R_B + R_B = 3R_B$

উভয় বর্তনীতে যদি E তড়িচ্চালক কোষ ব্যবহার করা হয় তবে ১ নং বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{3E}{2R_B}$

এবং ২নং বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{E}{3R_B}$

∴ $\frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{E}{3R_B}}{\frac{3E}{2R_B}} = \frac{2}{9}$

বা, $I_2 : I_1 = 2 : 9$

∴ $I_1 : I_2 = 9 : 2$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

$R_A = 2R_B$

১ নং বর্তনীতে মূল প্রবাহ I_1 দুই ভাগে বিভক্ত হবে। A তারের মধ্য দিয়ে I_{A_1} প্রবাহ এবং B তারের মধ্যে দিয়ে I_{B_1} প্রবাহ পরিচালিত হলে–

$I_1 = I_{A1} + I_{B1}$

আবার, $I_{A1}R_A = I_{B1}R_B = V$ [চিত্রানুসারে]

বা, $I_{A1} = I_{B1}\frac{R_B}{R_A} = I_{B1}\frac{R_B}{2R_B} = \frac{I_{B1}}{2}$

বা, $I_{B1} = 2I_{A1}$

আবার, ২নং বর্তনীতে A ও B উভয় তারের মধ্য দিয়ে I_2 প্রবাহ প্রবাহিত হয়।

১নং বর্তনীর ক্ষেত্রে, A তারে উৎপন্ন তাপ ও B তারে উৎপন্ন তাপ যথাক্রমে H_{A1} ও H_{B1} হলে–

$H_{A1} = I_{A1}^2 R_A t = I_{A1}^2 2R_B t$

এবং $H_{B1} = I_{B1}^2 R_B t = 4I_{A1}^2 R_B t$

∴ $\frac{H_{B1}}{H_{A1}} = \frac{4I_{A1}^2 R_B t}{2I_{A1}^2 R_B t} = 2$

বা, $H_{B1} = 2H_{A1}$

∴ $H_{B1} > H_{A1}$

২নং বর্তনীর ক্ষেত্রে, A ও B তারে উৎপন্ন তাপ যথাক্রমে H_{A2} এবং H_{B2} হলে–

$H_{A2} = I_{A2}^2 R_A t = I_2^2 2R_B t$

এবং $H_{B2} = I_{B2}^2 R_B t = I_2^2 R_B t$

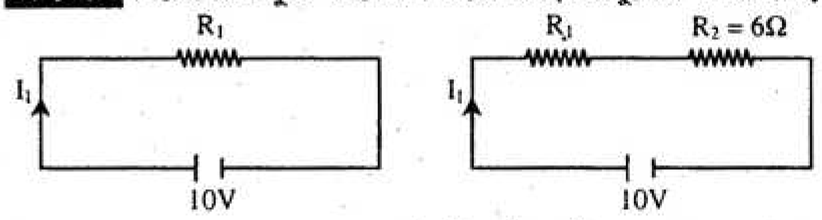
∴ $\frac{H_{A2}}{H_{B2}} = \frac{2I_2^2 R_B t}{I_2^2 R_B t} = 2$

বা, $H_{A2} = 2H_{B2}$

∴ $H_{A2} > H_{B2}$

সুতরাং ১ নং বর্তনীতে B তারে এবং ২নং বর্তনীতে A তারে অধিক তাপ উৎপন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ নিচের চিত্র দুটি পর্যবেক্ষণ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]

ক. তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. অর্ধপরিবাহী কখন অন্তরকের মতো আচরণ করে এবং কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. I_1 ও I_2 এর অনুপাত 5 ঃ 3 হলে R_1 এর মান কত? ৩

ঘ. ২য় বর্তনীতে আরোও কত রোধ কিভাবে সংযুক্ত করলে I_1 এর অর্ধেক প্রবাহ প্রবাহিত হবে? ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সমানুপাতিক।

খ অর্ধপরিবাহী নিম্ন তাপমাত্রায় অন্তরকের মতো আচরণ করে। নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীর কেলাসে কোন মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। সমস্ত ইলেকট্রনই যোজন ব্যান্ডে অবস্থান করে এবং নিষিদ্ধ শক্তি ব্যান্ড বৃদ্ধি পায়। তাই নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধ-পরিবাহী অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে।

গ ১ম চিত্র হতে পাই,

$I_1 = \frac{10\text{ V}}{R_1}$

২য় চিত্র হতে পাই,

$I_2 = \frac{10\text{ V}}{R_1 + R_2}$

বা, $I_2 = \frac{10\text{ V}}{R_1 + 6\Omega}$

এখানে,
$E_1 = 10\text{ V}$
$E_2 = 10\text{ V}$
$R_2 = 6\Omega$
$\frac{I_1}{I_2} = \frac{5}{3}$

এখন, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{10}{R_1}}{\frac{10}{R_1 + 6}}$

বা, $\frac{5}{3} = \frac{R_1 + 6}{R_1}$

বা, $5R_1 = 3R_1 + 18$

বা, $2R_1 = 18$

বা, $R_1 = 9$

∴ $R_1 = 9\Omega$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,

$E_1 = E_2 = 10\text{ V}$

$R_1 = 9\Omega$ ('গ' অংশ হতে)

$R_2 = 6\Omega$

∴ $I_1 = \frac{E_1}{R_1}$

মনে করি, R_3 মানের রোধ শ্রেণিতে সংযুক্ত করতে হবে।

∴ $I_2' = \frac{E_2}{R_1 + R_2 + R_3}$

প্রশ্নমতে, $I_2' = \frac{1}{2}I_1$

বা, $\frac{E_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1}{2}\frac{E_1}{R_1}$

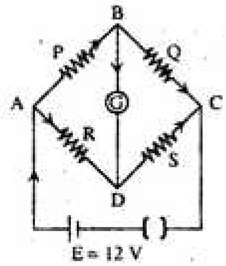
বা, $R_1 + R_2 + R_3 = 2R_1$; [∵ $E_1 = E_2 = 10\text{ V}$]

বা, $R_3 = R_1 - R_2$

$= (9 - 6)\ \Omega = 3\Omega$

অতএব, দ্বিতীয় বর্তনীতে আরও 3Ω রোধ শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে প্রবাহ প্রথম বর্তনীর প্রবাহের অর্ধেক হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪



P = 18 Ω
Q = 15 Ω
R = 12 Ω
S = 20 Ω

[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. বায়োর্ট স্যাভার্টের সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২

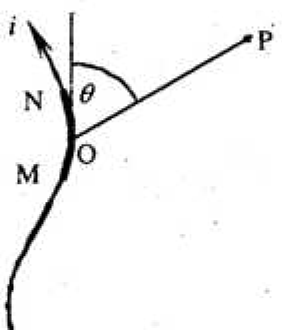
গ. ১ম বাহুতে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে? ৩

ঘ. যদি G এর দুই প্রান্তের বিভব সমান হয় তাহলে ABC পথে এবং ADC পথে তড়িৎ প্রবাহ সমান হবে কিনা? যাচাই কর। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ নির্দিষ্ট মাধ্যমে কোনো পরিবাহীর ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে এর আশ-পাশের কোনো বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের মান পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক, পরিবাহীর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িতের সমানুপাতিক, পরিবাহীর মধ্যবিন্দু ও ঐ বিন্দুর সংযোজক সরলরেখা পরিবাহীর মধ্যবিন্দুতে স্পর্শকের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার sine এর সমানুপাতিক এবং পরিবাহীর মধ্যবিন্দু হতে ঐ বিন্দুর দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।



ব্যাখ্যা : মনে করি, পরিবাহীর একটি ক্ষুদ্র অংশ MN এর দৈর্ঘ্য dl এবং এর মধ্যদিয়ে i তড়িৎ প্রবাহ চলছে। MN এর মধ্যবিন্দু O। O বিন্দুতে পরিবাহীর স্পর্শকের সাথে θ কোণে O হতে r দূরত্বে P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান dB হলে বিয়ো-স্যাভার সূত্রানুসারে,

$$dB \propto \frac{idl\sin\theta}{r^2}$$

বা, $dB = K\dfrac{idl\sin\theta}{r^2}$

এখানে K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান রাশিগুলোর একক ও মাধ্যমের চৌম্বক ধর্মের ওপর নির্ভর করে। এস, আই পদ্ধতিতে শূন্য মাধ্যমে K এর মান পাওয়া যায় $10^{-7}\ T \cdot m \cdot A^{-1}$। শূন্য মাধ্যমে $K = 10^{-7}\ T \cdot m \cdot A^{-1}$ -কে লেখা হয়-

$$K = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

এখানে μ_0 হচ্ছে শূন্য মাধ্যমের চৌম্বক প্রবেশ্যতা। এর মান $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T \cdot m \cdot A^{-1}$

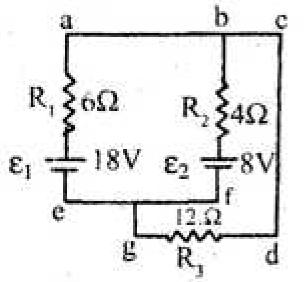
গ ৫ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 18 Ω, সমান্তরালে।

ঘ ৫ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $i_{ABC} = 0.5$ A,
$i_{ADC} = 0.375$ A

প্রশ্ন ▶ ৪৫



উপরের বর্তনীতে দুটি তড়িৎ কোষের সাথে তিনটি ভিন্ন মানের রোধক সংযুক্ত করে প্রত্যেক রোধকের মধ্যে প্রবাহমাত্রা ও বিভিন্ন বিন্দুসমূহের মধ্যে বিভব পার্থক্য নির্ণয় করা হলো।

[নওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]

ক. কার্শফের প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র কী ধারণা দেয়? ২

গ. প্রত্যেকটি রোধকের মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা কেমন ছিল? ৩

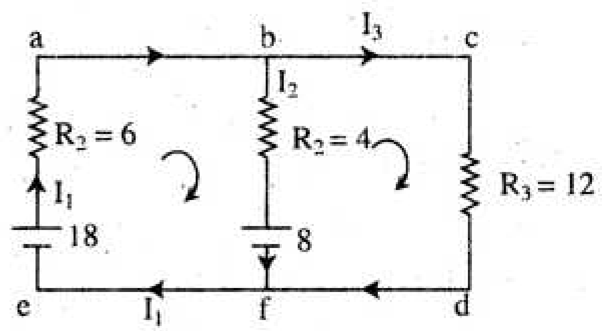
ঘ. a ও e, b ও f এবং g ও d বিন্দুসমূহের মধ্যে বিভব পার্থক্য কেমন ছিল এবং প্রাপ্ত ফলাফল কী ধারণা দেয় সে সম্পর্কে তোমার যুক্তিসঙ্গত মতামত ব্যক্ত কর। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বর্তনীর কোন সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক সমষ্টি শূন্য হয়।

খ কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র হলো- কোনো বদ্ধ বর্তনীতে সকল উপাদানের মোট বিভব পার্থক্য 0. আবার, দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য হলো এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক চার্জকে নিয়ে যেতে কৃতকাজ। অর্থাৎ, কার্শফের দ্বিতীয় সূত্রের মূল কথা হলো একটি বদ্ধ বর্তনীর এক বিন্দু হতে একটি চার্জকে পুরো বর্তনী ঘুরিয়ে আবার সেই বিন্দুতে নিয়ে আসতে অর্থাৎ চার্জটির মোট সরণ শূন্য হলে কৃতকাজও শূন্য হবে। এটি মূলত শক্তির নিত্যতা সূত্রই। তাই কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র শক্তির নিত্যতা সূত্রের ধারণা দেয়।

গ প্রদত্ত বর্তনী:



b বিন্দুতে কার্শফের সূত্র

b বিন্দুতে কার্শফের সূত্র ব্যবহার করে,

$I_1 - I_2 - I_3 = 0$ .... (i)

abfe বর্তনীতে দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে,

$-18 + 6I_1 + 4I_2 + 8 = 0$

$\therefore\ 6I_1 + 4I_2 = 10$ .... (ii)

bcdf বর্তনীতে,

$12I_3 - 8 - 4I_2 = 0$

$\therefore\ -4I_2 + 12I_3 = 8$ .... (iii)

(i), (ii) ও (iii) সমাধান করে,

$I_1 = 1.33$A

$I_2 = 0.5$A

$I_3 = 0.833$A

ঘ a ও e এর মধ্যে বিভব পার্থক্য

$V_e - V_a = V_{ae} = -18 + 6 \times I_1$
$= -18 + 6 \times 1.33$
$= -10$ V. (Ans)

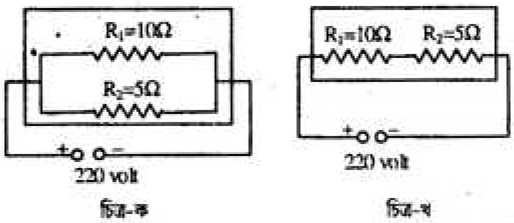
অনুরূপভাবে, $V_{bf} = -8 - 4 \times 0.5$
$= -10$ V (Ans)

$V_{cd} = -12 \times 0.833$
$= -10V$ (Ans)

$\therefore V_{ae} = V_{bf} = V_{cd}$

প্রাপ্ত ফলাফল থেকে দেখা যায় যে a, b ও c বিন্দুর সাথে যথাক্রমে e, f ও d বিন্দুর বিভব পার্থক্য সমান এবং এটিই আশানুরূপ (expected) কেননা a, b ও c এর মধ্যে কোনো রোধ না থাকায় কোনো ভোল্টেজ ড্রপ হয় না এবং a, b ও c বিন্দু মূলত একই বিন্দুর ন্যায় কাজ করে। অনুরূপভাবে, d, e ও f বিন্দুও একই বিন্দুর ন্যায় কাজ করে। ফলে তাদের মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্য সমান থাকে।

প্রশ্ন ▶ ৪৬



চিত্র-ক চিত্র-খ

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. হিসটেরেসিস কী? ১

খ. চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপিত তড়িৎবাহী কুন্ডলীতে ঘূর্ণন সৃষ্টির কারণ কী ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. ক বর্তনী অনুসারে কির্শফের সূত্র প্রয়োগ করে R_1 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ক বর্তনী ও খ বর্তনীর ব্লককৃত অংশকে 1kg পানির মধ্যে ডুবিয়ে প্রবাহ চালনা করা হলে ঐ পানির তাপমাত্রা 3.5 K বৃদ্ধি করা সম্ভব কিনা উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চৌম্বক পদার্থের বিচুম্বকিত হতে অনীহা বা শৈথিল্য প্রদর্শন করাকে হিসটেরেসিস বলে।

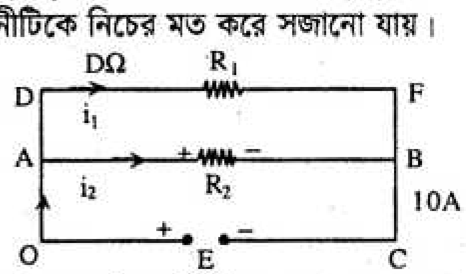
খ চৌম্বকক্ষেত্রে স্থাপিত কোনো তড়িৎবাহী কুন্ডলীর উপর টর্ক উৎপন্ন হয়। এখানে কুন্ডলীর দুটি বাহুতে প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত দিকে। প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত দিকে হওয়ায় বাহু দুটির ওপর ক্রিয়াশীল বলের দিকও বিপরীতমুখী হয়। সুতরাং কুন্ডলীর দুই বাহুর উপর দুটি সমান, সমান্তরাল ও বিপরীতমুখী বল ক্রিয়া করে। কিন্তু এদের ক্রিয়ামুখ একই সরলরেখায় না হওয়ায় এরা একটি দ্বন্দ্বের সৃষ্টি করে। ফলে কুন্ডলীর উপর টর্ক ক্রিয়া করে।

গ 'ক' চিত্র অনুসারে,
$R_1 = 10\Omega$
$R_2 = 5\Omega$

বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 220V$

বের করতে হবে, R_1 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $i_1 = ?$

উদ্দীপকের বর্তনীটিকে নিচের মত করে সজানো যায়।



এখন, OABC লুপে কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-E + V = 0$

বা, $-220 + i_2 R_2 = 0$

বা, $i_2 = \frac{220}{R_2} = \frac{220}{5} = 44A$

আবার, ADFB লুপে কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$i_1R_1 - i_2R_2 = 0$

বা, $i_1 = \frac{i_2R_2}{R_1} = \frac{44 \times 5}{10} = 22$ A

সুতরাং R_1 রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় 22A (Ans.)

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,
$R_1 = 10\Omega$
$R_2 = 5\Omega$
$E = 220V$

পানির ভর, $m = 1$ kg

এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 3.5$ K

ক বর্তনীর ক্ষেত্রে তুল্য রোধ, $R = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1}$

$= \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{5}\right)^{-1}$

$= \frac{10}{3}\Omega$

খ বর্তনীর ক্ষেত্রে তুল্য রোধ, $R' = R_1 + R_2 = 10 + 5 = 15\ \Omega$

ধরা যাক, ক বর্তনী কর্তৃক সরবরাহকৃত তড়িৎ ক্ষমতা P

এবং খ বর্তনী কর্তৃক সরবরাহকৃত তড়িৎ ক্ষমতা P′

$\therefore P = \frac{E^2}{R} = \frac{220^2}{10/3} = 14520$ W

এবং $P' = \frac{E^2}{R'} = \frac{220^2}{15} = 3226.67$ W

আবার, 1kg পানির তাপমাত্রা 3.5 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

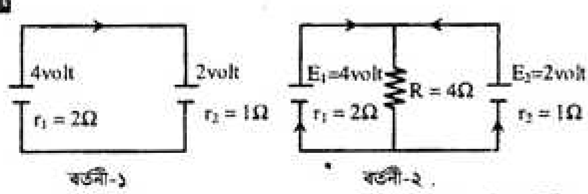
$Q = ms\Delta\theta = 1 \times 4200 \times 3.5 = 14700$ J

$\therefore$ ক বর্তনী কর্তৃক প্রয়োজনীয় সময়, $t = \frac{Q}{P} = \frac{14700}{14520} = 1.012$ sec

এবং খ বর্তনী কর্তৃক প্রয়োজনীয় সময়, $t = \frac{Q}{P} = \frac{14700}{3226.67} = 4.56$ sec

সুতরাং ক ও খ বর্তনী দ্বারা 1kg পানির তাপমাত্রা 3.5 K বৃদ্ধি করা সম্ভব। সমান্তরাল সংযোগে দ্রুত 3.5K তাপমাত্রা অর্জিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৭



[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. সান্ট কী? ১

খ. অ্যামিটার ও গ্যালভানোমিটারের মধ্যে পার্থক্য কোথায়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনী-১ এ প্রবাহ মাত্রা বের করো। ৩

ঘ. বর্তনী-১ ও বর্তনী-২ এ প্রবাহমাত্রা I এর মান একই হবে কিনা উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো। ৪

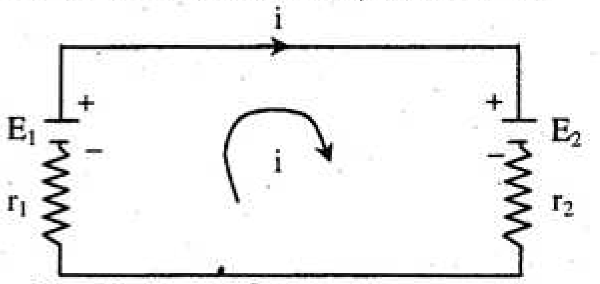
৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের দ্বারা যাতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হতে না পারে সেজন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে যে স্বল্পমানের রোধ সংযুক্ত করা হয় তা হলো সান্ট।

খ অ্যামিটার একটি স্বল্প রোধের সান্টযুক্ত অ্যাম্পিয়ার দাগাঙ্কিত গ্যালভানোমিটার। গ্যালভানোমিটারের সাহায্যে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের উপস্থিতি এবং পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। কিন্তু অ্যামিটারের সাহায্যে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ সরাসরি অ্যাম্পিয়ার এককে পরিমাপ করা যায়। গ্যালভানোমিটারের সাথে ক্ষুদ্রমানের একটি রোধ সমান্তরালে যুক্ত করে অ্যামিটার তৈরি করা হয়। উক্ত সান্ট অ্যামিটারকে নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা করে, কিন্তু বর্তনীর তুল্য রোধের তেমন কোনো পরিবর্তন সাধন করে না।

গ দেওয়া আছে,
$E_1 = 4$ volt
$r_1 = 2\Omega$
$E_2 = 2$ Volt
$r_2 = 1\ \Omega$

উদ্দীপকের ১নং চিত্রটিকে নিম্নরূপে দেখানো যায় —



বর্তনীতে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র চালনা করে পাই,

$-E_1 + E_2 + i(r_1 + r_2) = 0$

বা, $-4 + 2 + i(2 + 1) = 0$

বা, $3i = 2$

$\therefore i = \frac{2}{3}$ A

∴ ১নং বর্তনীতে প্রবাহ $\frac{2}{3}$ A। **(Ans.)**

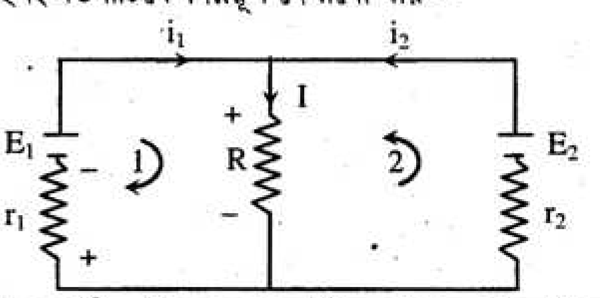
ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

১ নং বর্তনীর প্রবাহ, $I = \frac{2}{3}$ A

দেওয়া আছে,

$E_1 = 4$ Volt
$r_1 = 2\Omega$
$E_2 = 2$ Volt
$r_2 = 1\Omega$
$R = 4\Omega$

২নং বর্তনীটিকে নিম্নরূপ দেখানো যায় —



উক্ত বর্তনীতে উভয় লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-E + R_1 I + r_1 I_1 = 0$ [R এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $I = I_1 + I_2$]

বা, $-4 + 4(I_1 + I_2) + 2I_1 = 0$

বা, $-4 + 6i_1 + 4i_2 = 0$

বা, $3i_1 + 2i_2 = 2$ .... (i)

এবং $-E + R(I_1 + I_2) + r_2 \times I_2 = 0$

বা, $-2 + 4(I_1 + I_2) + I_2 \times 1 = 0$

বা, $-2 + 5i_2 + 4i_1 = 0$

বা, $4i_1 + 5i_2 = 2$ .... (ii)

(i) ও (ii) নং সমীকরণ সমাধান করে পাই,

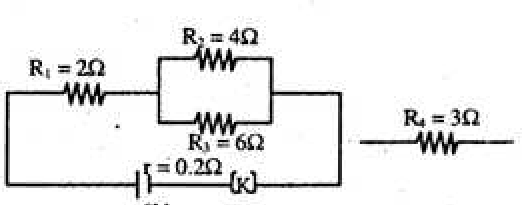
$i_1 = \frac{6}{7}$ A

$i_2 = -\frac{2}{7}$ A

∴ মোট প্রবাহ বা R এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $I = i_1 + i_2 = \frac{6}{7} - \frac{2}{7} = \frac{4}{7}$

লক্ষ করি, ১ নং বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, ≠ ২নং বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, I।
অতএব দুই বর্তনীতে প্রবাহ ভিন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৮



[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]

ক. বিদ্যুৎ শক্তি কী? ১

খ. চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠ সমবিভব তল- ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনীর R_2 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহ মাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে R_4 রোধটি বর্তনীর কোন রোধের সাথে সমান্তরালে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা বেশি পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চার্জের গতির কারণে যে শক্তির উদ্ভব ঘটে তাকে বিদ্যুৎ শক্তি বলে।

খ কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে যে তলের প্রত্যেকটি বিন্দুর তড়িৎ বিভব সমান তাকে সমবিভব তল বলে। আমরা জানি, কোনো গোলকের উপর চার্জ প্রদান করলে তা গোলকের পৃষ্ঠ তলে সমভাবে ছড়িয়ে পড়ে। গোলকের কেন্দ্র থেকে এর পৃষ্ঠের সকল বিন্দুর দূরত্ব সমান এবং চার্জ সমভাবে বণ্টিত থাকায় এর পৃষ্ঠের প্রতিটি বিন্দুতে বিভব সমান। সুতরাং গোলকের পৃষ্ঠের যেকোনো দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য শূন্য। তাই গোলাকার পরিবাহীর পৃষ্ঠ সমবিভব তল।

গ তড়িৎ বর্তনীটিতে R_2 ও R_3 সমান্তরালে ও এদের তুল্যরোধ R_1 এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত,

R_2 ও R_3 এর তুল্যরোধ, R_P হলে,

$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$

$= \frac{5}{12}$

এখানে,
রোধ, $R_2 = 4\Omega$
রোধ, $R_3 = 6\Omega$

$\therefore R_P = \frac{12}{5} = 2.4\ \Omega$

আবার, R_1 ও R_P এর তুল্যরোধ, R_{eq} হলে,

$R_{eq} = R_1 + R_P$
$= 2\Omega + 2.4$
$= 4.4\Omega$

এখানে,
রোধ, $R_1 = 2\Omega$

তড়িৎ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ I হলে,

$I = \frac{E}{R_{eq} + r}$
$= \frac{6}{4.4 + 0.2}$
$= 1.3$ A

এখানে,
বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = 4.4\Omega$
কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.2\ \Omega$
কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 6V$

এখন, R_2 রোধে তড়িৎ প্রবাহ I_2 হলে,

$I_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times I$
$= \frac{6}{4 + 6} \times 1.3$
$= 0.78$ A **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের R_4 রোধকে R_1 কিংবা R_2 ও R_3 এর সমান্তরালে যুক্ত করা যাবে।

ফলে R_1 অথবা (R_2 ও R_3) এর সমান্তরালে যুক্ত করে যেক্ষেত্রে বর্তনীর তুল্যরোধ কম সেক্ষেত্রে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বেশি হবে; কারণ, $I \propto \frac{1}{R_{eq}}$, যখন তড়িচ্চালক শক্তি ধ্রুবক।

এখন, R_1 এর সমান্তরালে যুক্ত করলে R_1 ও R_2 এর তুল্য রোধ R_{P_1} হলে,

$\frac{1}{R_{P_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4}$

$= \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$

$= \frac{5}{6}$

$\therefore R_{P_1} = \frac{6}{5} = 1.2\ \Omega$

'গ' হতে, R_2 ও R_3 এর তুল্যরোধ, $R_{P_2} = 4.4\ \Omega$

$\therefore$ বর্তনীতে অভ্যন্তরীণ রোধ ব্যতীত তুল্যরোধ,

$$R_{eq_1} = R_{P_1} + R_{P_2} = 1.2 + 4.4 = 5.6\ \Omega$$

আবার, R_4 কে R_2 ও R_3 এর সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্যরোধ, R_{P_3} হলে,

$$\frac{1}{R_{P_3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{9}{12}$$

$$= \frac{3}{4}$$

$\therefore R_{P_3} = \frac{4}{3} = 1.33\ \Omega$

$\therefore$ বর্তনীতে অভ্যন্তরীণ রোধ ব্যতীত তুল্যরোধ, $R_{eq_2} = R_1 + R_{P_3}$

$$= 2 + 1.33$$

$$= 3.33\Omega$$

$\therefore R_{eq_1} > R_{eq_2}$

$\therefore$ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তুল্যরোধ কম বলে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বেশি হবে। অতএব, বর্তনীতে R_4 কে R_2 ও R_3 এর সাথে সমান্তরালে যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ একই বাসায় থাকে কামাল এবং তমাল। কামাল পড়শোনার জন্য একটি বাতিসহ টেবিল ল্যাম্প কিনল। বাতিটির গায়ে লিখা ছিল 120W – 60V। সে তাদের বাসায় 220V DC লাইনে বাতিটি ব্যবহার করতে চাইল। তমাল কামালকে বাতিটির নিরাপত্তার স্বার্থে পূর্ণ উজ্জ্বলতার জন্য বাতির সজ্গে একটি রোধ সংযোজনের পরামর্শ দিল।

[এম.সি. একাডেমী মডেল স্কুল ও কলেজ), সিলেট]

ক. অভ্যন্তরীণ রোধ কী? ১

খ. কার্শফের সূত্র দুটি বিবৃত কর। ২

গ. উদ্দীপকের বাতিটি 5 ঘণ্টা জ্বালানো হলে কত ইউনিট বৈদ্যুতিক শক্তি খরচ হবে? ৩

ঘ. তমালের পরামর্শটির যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎ কোষ যখন বহিঃস্থ বর্তনীতে তড়িৎ প্রেরণ করে তখন তড়িৎ কোষের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহকালে যে বাধার সম্মুখীন হয় তাকে অভ্যন্তরীণ রোধ বলে।

খ **কার্শফের প্রথম সূত্র :** তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\Sigma i = 0$।

দ্বিতীয় সূত্র : কোনো বন্ধ বর্তনীর বিভিন্ন উপাদানগুলোর রোধ এবং এদের সাথে সংশ্লিষ্ট প্রবাহের গুণফলগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল ঐ বন্ধ বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত মোট তড়িচ্চালক বলের সমান। অর্থাৎ যেকোনো বন্ধ বর্তনীর ক্ষেত্রে, $\Sigma Ri = \Sigma E$।

গ দেওয়া আছে,

বাতিটির ক্ষমতা, $P = 120W$

বাতি জ্বালানোর সময়কাল, $t = 5h$

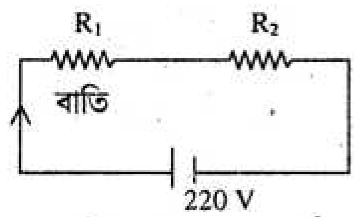
বের করতে হবে, ব্যয়িত বৈদ্যুতিক শক্তি, $W = ?$

আমরা জানি, $W = \frac{Pt}{1000} = \frac{120 \times 5}{1000}$ kWh $= 0.6$kWh $= 0.6$ unit

$\therefore$ ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তির পরিমাণ = 0.6 unit (Ans.)

ঘ মনে করি, উক্ত বাল্বের সাথে R_2 মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে। বাতিটির সর্বোচ্চ ক্ষমতা, $P = 120W$ এবং সর্বোচ্চ ক্ষমতার জন্য প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, $V = 60V$

$\therefore$ বাতিটির রোধ, $R_1 = \frac{V^2}{P} = \frac{(60V)^2}{120W} = 30\Omega$



উপরোক্ত চিত্রে R_2 রোধের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য $= 220V - 60V = 160V$

বাতিটির মধ্য দিয়ে তথা সমগ্র বর্তনীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ প্রবাহ,

$I = \frac{P}{V} = \frac{120W}{60V} = 2A$

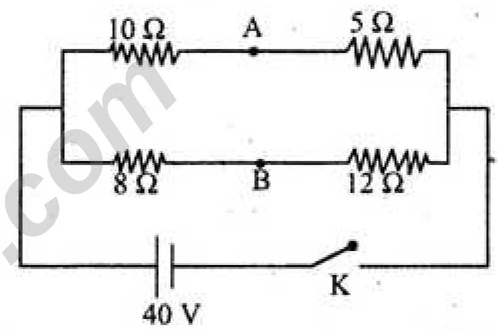
$\therefore R_2 = \frac{R_2 \text{ এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য}}{R_2 \text{ এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ}}$ [ওহমের সূত্র]

$= \frac{160V}{2A} = 80\Omega$

সুতরাং, উদ্দীপকের বাতিটির সাথে 80Ω মানের একটি রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করে শ্রেণি সমবায়টিকে 220V DC তড়িচ্চালক শক্তির সাথে যুক্ত করলে বাতিটি সর্বোচ্চ উজ্জ্বলতায় জ্বলবে। কারণ এক্ষেত্রে বাতিটির প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য হবে, $V = IR$

$= 2A \times 30\Omega = 60$ V, যা বাতিটির ভোল্টেজ রেটিং এর সমান।

প্রশ্ন ▶ ৫০



[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]

ক. বিভব বিভাজক কী? ১

খ. 'ট্রান্সফর্মার DC তে চলে না'—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 12Ω রোধের সাথে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে A ও B এর বিভব সমান হবে? ৩

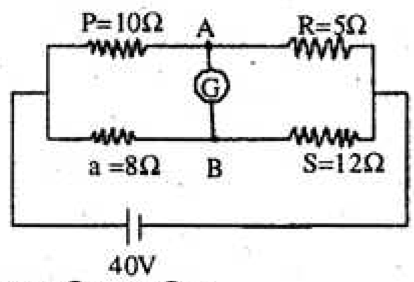
ঘ. বর্তনীটিকে 20°C তাপমাত্রার 2kg পানিতে ডুবিয়ে 1 ঘন্টা সুইচ অন করে রাখলে পানি বাষ্পীভূত হবে কী না—বিশ্লেষণ কর। [পানির আপেক্ষিক তাপ $4200Jkg^{-1}K^{-1}$] ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিভব বিভাজক এমন একটি ব্যবস্থা যা দ্বারা কোনো বিভব পার্থক্যকে নির্দিষ্ট অনুপাতে বিভক্ত করা যায়।

খ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে যদি DC ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তাহলে কোরের মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বকফ্লাক্স অতিক্রম করবে। তখন $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ হওয়ায় তাড়িৎ চৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে $\left(\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}\right)$ গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মান শূন্য। এ কারণে ট্রান্সফর্মার দ্বারা DC ভোল্টেজের মান পরিবর্তন করা যায় না। ফলে ট্রান্সফর্মার DC তে চলে না।

গ উদ্দীপকের বর্তনীতে A ও B বিন্দুর মাঝে একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত করি।



এটি একটি হুইটস্টোন ব্রীজ বর্তনী।

∴ A ও B বিন্দুর বিভব সমান হবে যদি গ্যালভানোমিটার দিয়ে কোনো তড়িৎ পরিবাহিত না হয় অর্থাৎ হুইটস্টোন ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকে, $\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$ হয়।

ধরি, 12Ω রোধের পরিবর্তে S' ব্যবহার করলে এটি সাম্যাবস্থায় থাকে।

$\therefore \frac{10}{8}=\frac{5}{S'}$

$\therefore S'=4$

∴ 12Ω রোধের সাথে একটি রোধ R এমনভাবে যুক্ত করতে হবে যাতে তুল্যরোধ 4Ω হয়। যেহেতু তুল্যরোধ কমবে, তাই রোধটি সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

$\therefore \frac{1}{4}=\frac{1}{R}+\frac{1}{12}$

$\therefore R=6\Omega$ সমান্তরালে।

ঘ

বর্তনীর তুল্যরোধ = R হলে,

$\frac{1}{R}=\frac{1}{10+5}+\frac{1}{8+12}$

$\therefore R=\frac{60}{7}\Omega$

$\therefore$ মোট শক্তি, $W=Pt=\frac{V^2}{R}t$

$\Rightarrow mS\Delta\theta=\frac{V^2}{R}t$

$\Rightarrow 2\times4200\times\Delta\theta=\frac{40^2}{\frac{60}{7}}\times3600$

দেওয়া আছে,
পানির ভর = 2kg
আদি তাপমাত্রা, $\theta_1=20°C$
আপেক্ষিক তাপ, $S=4200$ J/kg/K
সময়, $t=1h$
$=3600$ s
বিভব পার্থক্য, $V=40V$

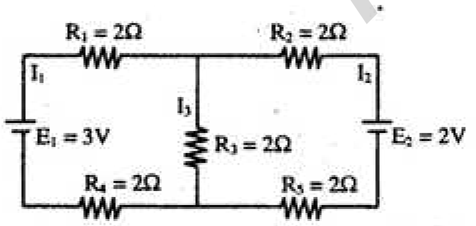
$\Rightarrow \Delta\theta=80$

$\Rightarrow \theta_2-\theta_1=80$

$\therefore \theta_2=\theta_1+80$
$=20+80$
$=100°C$

অতএব, পানির তাপমাত্রা কেবল স্ফুটনাংকে পৌছাবে এবং পানি ফুটতে শুরু করবে, কিন্তু পানি বাষ্পীভূত হওয়ার জন্য সুপ্ততাপের সরবরাহ পাবে না। তাই পানি বাষ্পীভূত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫১



[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১

খ. কোনো বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ 20A বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকে E_1 এর পরিবর্তে একটি পরিবাহী তার যুক্ত করলে বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় করো। ৩

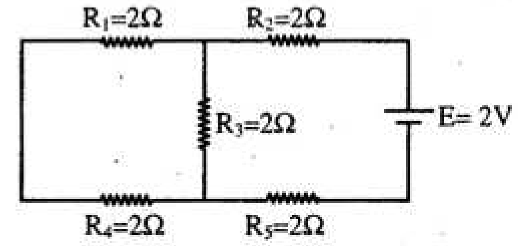
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর I_1, I_2 ও I_3 এর মান গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ আমরা জানি, কোনো পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ চার্জ অতিক্রম করে, তাকে এর তড়িৎ প্রবাহ বলে। সুতরাং কোনো বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ 20A বলতে বুঝায় এ বর্তনীর কোনো একক অংশে বা সমান্তরালে যুক্ত উপকরণসমূহের প্রস্থচ্ছেদের মধ্যদিয়ে সম্মিলিতভাবে প্রতি সেকেন্ডে 20C চার্জ অতিক্রম করে।

গ উদ্দীপকে E_1 এর পরিবর্তে একটি পরিবাহী তার যুক্ত করলে বর্তনীটি দেখতে নিম্নরূপ হবে:



R_2, R_4 শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ, $R_s=R_2+R_4=2\Omega+2\Omega=4\Omega$

R_s এর সাথে R_3 সমান্তরালে যুক্ত, এদের তুল্যরোধ R_p হলে, $\frac{1}{R_p}=\frac{1}{R_s}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{4\Omega}+\frac{1}{2\Omega}=\frac{1+2}{4\Omega}=\frac{3}{4\Omega}$

$\therefore R_p=\frac{4}{3}\Omega=1.333\ \Omega$

R_2, R_p, R_5 শ্রেণিতে যুক্ত বিধায় বর্তনীর সর্বমোট তুল্যরোধ, $R_{eq}=R_2+R_p+R_5=2\Omega+1.333\Omega+2\Omega=5.333\Omega$ **(Ans.)**

ঘ মনে করি, i_1, i_2 প্রবাহগুলো সংশ্লিষ্ট কোষের ধনাত্মক প্রান্ত হতে নির্গত হয়েছে, আর i_3 এর দিক নিচের দিকে।

তাহলে বর্তনীর বামপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$E_1-i_1R_1-i_3R_3-i_1R_4=0$

বা, $3V-i_1(2\Omega)-i_3(2\Omega)-i_1(2\Omega)=0$

বা, $2i_1+0.i_2+i_3=1.5$ ....(i)

ডানপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$E_2-i_2R_2-i_3R_3-i_2R_5=0$

$2V-i_2(2\Omega)-i_3(2\Omega)-i_2(2\Omega)=0$

বা, $0.i_1+2i_2+i_3=1$ ....(ii)

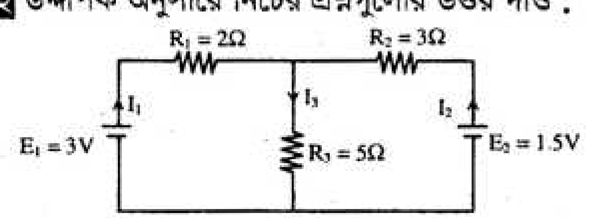
বর্তনীর নোডদ্বয়ের যেকোনোটিতে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$i_3=i_1+i_2$ বা, $i_1+i_2-i_3=0$ ....(iii)

(i), (ii) ও (iii) সায়েন্টিফিক ক্যালকুলেটরে সমাধান করে পাই,

$i_1=0.4375A$, $i_2=0.1875\ A_1$, $i_3=0.625\ A$

প্রশ্ন ▶ ৫২ উদ্দীপক অনুসারে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. রোধের উষ্ণতা গুণাংক কী? ১

খ. অ্যামিটারকে বর্তনীতে শ্রেণিতে যুক্ত করতে হয় কেন? ২

গ. রোধ গুলিতে প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যে কোন লুপে কার্শফের সূত্র, শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি মেনে চলে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

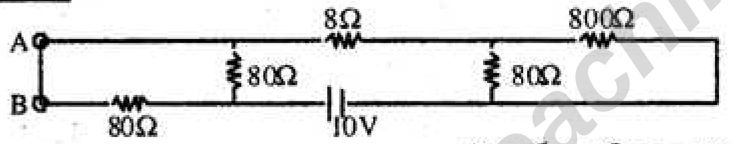
ক 0°C তাপমাত্রায় একক রোধের কোনো পরিবাহীর তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করলে ফলে পরিবাহীর রোধের যে পরিবর্তন ঘটে তাকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের উষ্ণতা গুণাঙ্ক বলে।

খ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করার জন্য অ্যামিটারকে বর্তনীতে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা হয়। শ্রেণী সমবায়ে বর্তনীতে যুক্ত সকল যন্ত্রের মধ্য দিয়ে একই মানের তড়িৎপ্রবাহ প্রবাহিত হয়। এ কারণে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ সঠিকভাবে পরিমাপের জন্য বর্তনীতে অ্যামিটারকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করতে হয়।

গ বামপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,
$E_1 - I_1R_1 - I_3R_3 = 0$
বা, $3 - 2I_1 - 5I_3 = 0$
বা, $2I_1 + 0.I_2 + 5I_3 = 3$............................(i)
ডানপাশের লুপের কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,
$E_2 - I_2R_2 - I_3R_3 = 0$
বা, $1.5 - 3I_2 - 5I_3 = 0$ ....(ii)
বা, $0.I_1 + 3I_2 + 5I_3 = 1.5$
বর্তনীর উপরের নোডটিতে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,
$I_3 = I_1 + I_2$
বা, $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ ....(iii)
(i), (ii) ও (iii) নং সায়েন্টিফিক ক্যালকুলেটরে সমাধান করে পাই,
$I_1 = 0.5323A$, $I_2 = -0.1452A$, $I_3 = 0.3871$ A
অর্থাৎ R_2 এর মধ্যদিয়ে বিপরীত দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

ঘ কার্শফের ২য় সূত্র $\sum E = \sum IR$ মূলত শক্তির সংরক্ষণশীলতা সূত্রের নামান্তর।
সুতরাং 'গ' অংশে নির্ণীত I_1, I_2, I_3 এর মান সমূহের জন্য যেকোনো লুপে $\sum E = \sum IR$ সূত্রটিকে সিদ্ধ দেখাতে পারলেই চলবে।
বামপাশের লুপের জন্য, $\sum E - \sum IR = E_1 - (I_1R_1 + I_3R_3)$
$= 3V - (0.5323A \times 2\Omega + 0.3871A \times 5\Omega)$
$= 3V - 3.0001V = -0.0001V \approx 0$
ডানপাশের লুপের জন্য, $\sum E - \sum IR = E_2 - (I_2R_2 + I_3R_3)$
$= 1.5V - (-0.1452\text{ A} \times 3\Omega + 0.3871\text{ A} \times 5\Omega)$
$= 1.5V - 1.4999\text{ V} = 0.0001\text{ V} \approx 0V$
তদুপরি, তড়িৎ কোষে উৎপন্ন বৈদ্যুতিক ক্ষমতা $= E_1I_1 + E_2I_2$
$= 3V \times 0.5323\text{ A} + 1.5V \times -0.1452A$
রোধ তিনটিতে ব্যয়িত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা $= I_1^2R_1 + I_2^2R_2 + I_3^2R_3$
$= (0.5323A)^2 \times 2\Omega + (0.1452\text{ A})^2 \times 3\Omega + (0.3871\text{ A})^2 \times 5\Omega$
$= 1.38$ W
সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা গেল, যেকোনো লুপে কার্শফের সূত্র শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি মেনে চলে।

প্রশ্ন ▶ ৫৩



[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]

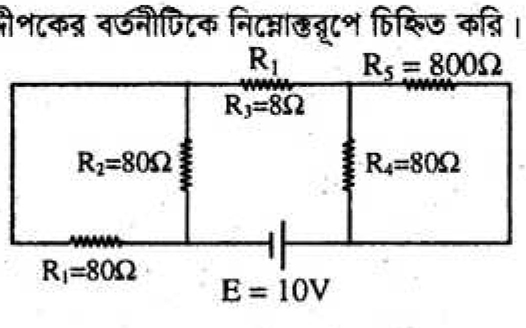
ক. চার্জ ঘনত্ব কাকে বলে? ১
খ. অ্যামিটার ও গ্যালভানোমিটারের মতো যন্ত্রগুলিতে সান্ট কেন ও কিভাবে যুক্ত করা হয়? ২
গ. উদ্দীপকের বর্তনীর তুল্যরোধ কত? ৩
ঘ. 800Ω রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ কত? ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর সমতল বা বক্রতলে চার্জ থাকলে কোনো বিন্দুর চারদিকে একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ আধান থাকে তাকে আধান ঘনত্ব বলে।

খ অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধির জন্য এর সাথে অল্পমাত্রার রোধ সান্ট হিসেবে ব্যবহৃত হয়।
আবার, বেশি মাত্রার প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হয়ে যাতে যন্ত্রটি নষ্ট করতে না পারে এজন্য এর সাথে সমান্তরালে অল্প মাত্রার একটি রোধ বা সান্ট যুক্ত করা হয়।

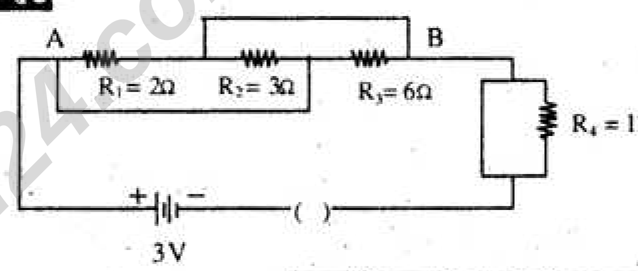
গ উদ্দীপকের বর্তনীটিকে নিম্নোক্তরূপে চিহ্নিত করি।



R_1 ও R_2 সমান্তরালে যুক্ত, এদের তুল্যরোধক R_{p_1} হলে,
$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{80\Omega} + \frac{1}{80\Omega} = \frac{1+1}{80\Omega} = \frac{2}{80\Omega}$$
$\therefore R_{p_1} = 40\Omega$
R_4 ও R_5 সমান্তরালে যুক্ত এদের তুল্যরোধ R_{p_2} হলে,
$$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{80\Omega} + \frac{1}{800\Omega} = \frac{10+1}{800\Omega} = \frac{11}{800\Omega}$$
$$\therefore R_{p_2} = \frac{800\Omega}{11} = 72.3\ \Omega$$
R_{p_1}, R_{p_2} এবং R_3 শ্রেণিতে যুক্ত, এদের তুল্যরোধ R_s হলে $R_s = R_{p_1} + R_{p_2} + R_3 = 40\Omega + 72.3\Omega + 8\Omega = 120.3\Omega$
ইহাই উদ্দীপকের বর্তনীর তুল্যরোধ।

ঘ বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_s} = \frac{10V}{120.3\Omega} = 0.0831$ A
$\therefore R_5 = 800\Omega$ রোধের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য $= R_{p_2}$ এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য $V = IR_{p_2} = 0.0831A \times 72.3\Omega = 6.008$ volt
$\therefore R_5 = 800\Omega$ রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ, $I' = \frac{V}{R_5}$
$= \frac{6.008\text{ volt}}{800\Omega} = 0.00751$ A

প্রশ্ন ▶ ৫৪



[রাজবাড়ী সরকারি আদর্শ মহিলা কলেজ, রাজবাড়ী]

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১
খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ২
গ. বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের A ও B বিন্দুর মাঝে ব্যবহৃত রোধগুলো প্রবাহের তুলনা করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হওয়ার কারণ ইলেকট্রন মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব বিশিষ্ট বিন্দু থেকে উচ্চ বিভব বিশিষ্ট বিন্দুর দিকে চলতে থাকে ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয় এবং পরিবাহকের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এ কারণে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয়।

গ লক্ষ করি – R_1 ও R_2 এর এক প্রান্ত যুক্ত এবং অন্য প্রান্ত শর্ট সার্কিট দ্বারা যুক্ত। অপর দিকে, R_2 ও R_3 এর এক প্রান্ত যুক্ত এবং অপর প্রান্ত একটি শর্ট সার্কিট দ্বারা যুক্ত। অতএব $R_1 \parallel R_2 \parallel R_3$ তাই বর্তনীটিকে নিম্নোক্তভাবে আঁকা যায়।

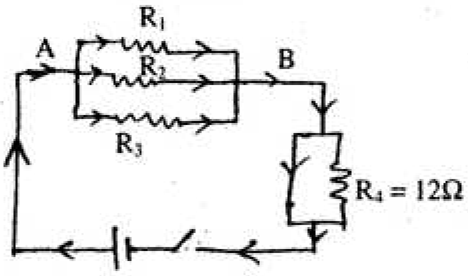
দেওয়া আছে,

বর্তনীর সংযুক্ত রোধ, $R_1 = 2\Omega$

$R_2 = 3\Omega$

$R_3 = 6\Omega$

$R_4 = 12\Omega$



R_1, R_2 এবং R_3 রোধগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত।
অতএব, তাদের তুল্যরোধ X হলে,

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega}$$

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{1\Omega}$$

$\therefore X = 1\Omega$

এখন, $R_4 = 12\Omega$ রোধটি শর্ট সার্কিটের সাথে যুক্ত থাকায় এতে কোন তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।
অতএব, তুল্যরোধ, $X = 1\Omega$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

বর্তনীতে সংযুক্ত রোধ, $R_1 = 2\Omega$

$R_2 = 3\Omega$

$R_3 = 6\Omega$

$R_4 = 12\Omega$

তড়িচ্চালক শক্তি, $V = 3V$

ধরি,

R_1 রোধে তড়িৎ প্রবাহ $= I_1$

R_2 রোধে তড়িৎ প্রবাহ $= I_2$

R_3 রোধে তড়িৎ প্রবাহ $= I_3$

আমরা জানি, ওহমের সূত্রানুসারে,

$V = IR$

বা, $I = \frac{V}{R}$

এখানে, $V = 3V$ হবে কারণ R_4 রোধটির মধ্য দিয়ে কোনো প্রবাহ যাবে না তাই এটি বিবেচ্য নয়।

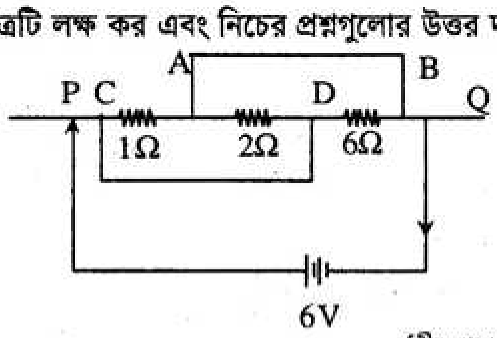
সুতরাং, $I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{3V}{2\Omega} = 1.5$ A

$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{3V}{3\Omega} = 1A$

এবং $I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{3V}{6\Omega} = 0.5A$

অর্থাৎ, R_1, R_2 এবং R_3 রোধগুলোর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ যথাক্রমে 1.5A, 1A এবং 0.5 A.

প্রশ্ন ▶ ৫৫ চিত্রটি লক্ষ কর এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[নীলফামারী সরকারি কলেজ]

ক. বিনতি কী? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীটির তুল্য রোধ কত? ৩

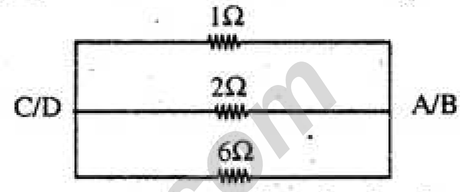
ঘ. AD এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িতের মান নির্ণয় করা সম্ভব কি না– গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্র অনুভূমিকের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে অর্থাৎ চৌম্বক মধ্যতলে মুক্তভাবে স্থাপিত চুম্বক শলাকা অনুভূমিক তল থেকে যে কোণে নত অবস্থায় থাকে তাকে ঐ স্থানের বিনতি বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ উদ্দীপকের তড়িৎ বর্তনীটি নিম্নরূপে অঙ্কন করি-

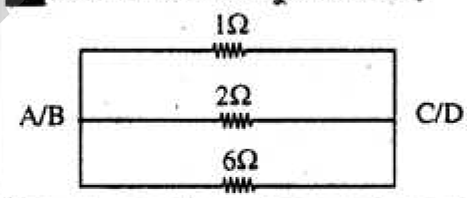


$\therefore$ বর্তনীর তুল্যরোধ, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6}$

বা, $R_p = \frac{3}{5}$

$\therefore R_p = 0.6\Omega$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের চিত্রটি পুনরায় আঁকি:



চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে, A এবং B বিন্দু একই বিন্দু। আবার C ও D বিন্দু একই বিন্দু।

'গ' হতে পাই, বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_p = 0.6\Omega$

তড়িৎ কোষের বিভব, $E = 6V$

$\therefore$ AD এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{R}{R_{eq}}$

$= \frac{6}{0.6}$

$= 10$ amp

আবার, 2Ω রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_2 = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6}} \times 10$$

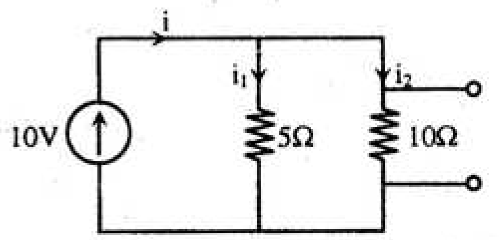
$= 3A$

একইভাবে, 1Ω ও 6Ω রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{\frac{1}{1}}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6}} \times 10 \text{ A} = 6A$$

$$I_6 = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6}} \times 10A = 1 \text{ A} \textbf{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ▶ ৫৬



[এম.সি. কলেজ, সিলেট]

ক. রোধাংকের সংজ্ঞা লিখো। ১

খ. সমমানের একাধিক কোষ সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য মান অপরিবর্তিত থাকে— ব্যাখ্যা করো। ২

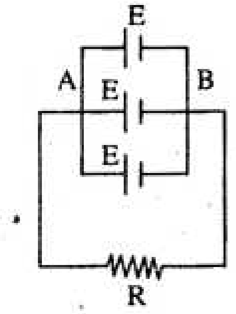
গ. $i_1 : i_2$ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 10Ω রোধে output voltage 5 volt পেতে কী ব্যবস্থা নিতে হবে? বিশ্লেষণপূর্বক নির্ণয় করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের রোধাংক বলে।

খ



সমান্তরালে যুক্ত সমান মানের কোষ সমবায়ের ক্ষেত্রে কোষগুলোর ঋণপ্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে ও ধনপ্রান্ত অন্য আরেকটি সাধারণ বিন্দুতে যুক্ত থাকে। ফলে এ দুই বিন্দুর একটি হতে অন্যটিতে যে কোষ দিয়েই q চার্জকে নিয়ে যাওয়া হোক না প্রত্যেক ক্ষেত্রে, W = qE পরিমাণ কাজ করতে হবে। ফলে এ দুই বিন্দুর বিভব সমান হবে। এজন্যে সমমানের একাধিক কোষ সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য মান অপরিবর্তিত থাকে। উদাহরণস্বরূপ, যদি চিত্রে উল্লিখিত কোষগুলোর মধ্যদিয়ে A থেকে B বিন্দুতে যথাক্রমে q_1, q_2 ও q_3 চার্জ নেওয়া হয়, তবে মোট কৃতকাজ,

$W = q_1E + q_2E + q_3E$

এবং A ও B এর মধ্যবর্তী বিভবপার্থক্য, $V = \frac{W}{q}$

বা, $V = \frac{q_1E + q_2E + q_3E}{q_1 + q_2 + q_3} = E$

গ চিত্রের বর্তনীতে, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$

বর্তনীর মূল প্রবাহ, i = 10A

$\therefore i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i$

এবং $i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i$

তাহলে, $\frac{i_1}{i_2} = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} i}{\frac{R_1}{R_1 + R_2} i}$

বা, $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{10}{5} = 2$

$\therefore i_1 : i_2 = 2 : 1$ **(Ans.)**

ঘ 10Ω রোধের দু'প্রান্তের বিভব, E = 10V

5V বিভব পাওয়ার জন্য 10Ω এর সাথে R মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

$\therefore \frac{10}{12 + 10} E = 5V$

বা, $\frac{10}{R + 10} \times 10 V = 5V$

বা, $R + 10 = 20$

$\therefore R = 10\ \Omega$

অতএব, 10Ω এর সাথে সমমানের অপর একটি রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ একটি গ্যালভানোমিটারের রোধ 20Ω এবং 80mA পর্যন্ত প্রবাহ সহ্য করতে পারে। এর সাথে সান্টযুক্ত করে একটি অ্যামিটারে পরিণত করা হলো। পরে এটি 2A পর্যন্ত প্রবাহ সহ্য করতে পারে।

[উমাপাড়া বিজ্ঞান কলেজ]

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. ব্যাটারি কোষকে কিভাবে সাজালে সর্বোচ্চ প্রবাহ পাওয়া যাবে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ব্যবহৃত সান্টের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. অ্যামিটারের পাল্লা দ্বি-গুণ করা সম্ভব কি না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে সান্ট বলে।

খ স্বল্প অভ্যন্তরীণ রোধ বিশিষ্ট সমমানের তড়িচ্চালক শক্তি বিশিষ্ট অল্প কয়েকটি কোষের জন্য সাধারণ সমান্তরাল সমবায়েই সর্বোচ্চ প্রবাহ পাওয়া যায়। কিন্তু যদি কোষের সংখ্যা অনেক বেশি হয়, তবে সেক্ষেত্রে বহির্বর্তনীতে সর্বোচ্চ প্রবাহ পাওয়ার জন্য মিশ্র সমবায় প্রয়োজন। মনে করি, N সংখ্যক E মানের e.m.f বিশিষ্ট, r অভ্যন্তরীণ রোধের তড়িৎ কোষকে n সংখ্যক সমান্তরাল সমবায়ে এবং প্রতিটি সমান্তরাল শাখার m সংখ্যক শ্রেণি সমবায়ের মাধ্যমে সর্বোচ্চ প্রবাহ পাওয়া যায়, অর্থাৎ N = mn।

$\therefore \quad I = \frac{mE}{\frac{mr}{n} + R}$

$= \frac{mnE}{mr + nR}$

$= \frac{NE}{[(mr - nR)^2 + 4mnrR]^{1/2}}$

$= \frac{NE}{[(mr - nR)^2 + 4NrR]^{1/2}}$

এখন I এর মান সর্বোচ্চ হবে যদি mr – nR = 0 বা, mr = nR হয়।

$I_{max} = \frac{NE}{2N^{1/2}(rR)^{1/2}} = \left(\frac{N}{4}\right)^{1/2} \frac{E}{(rR)^{1/2}}$

$\therefore \frac{m}{n} = \frac{R}{r}$, অর্থাৎ শ্রেণি ও সমান্তরাল সমবায়ের সংখ্যার অনুপাত যদি যথাক্রমে বহির্বর্তনী ও অভ্যন্তরীণ রোধের সমান হয়, তবে সর্বোচ্চ প্রবাহ পাওয়া যায়।

গ এখানে,

গ্যালভানোমিটারের রোধ, r = 20Ω

গ্যালভানোমিটারের গ্রহণযোগ্য প্রবাহ, I = 80 mA $= 80 \times 10^{-3}$A

সর্বোচ্চ সহ্য প্রবাহ, I′ = 2A

সান্ট, S = ?

আমরা জানি,

$S = \frac{r}{n - 1}$

কিন্তু, $n = \frac{I'}{I} = \frac{2}{80 \times 10^{-3}} = 25$

$\therefore S = \frac{20}{25-1} = 0.83\ \Omega$ **(Ans.)**

ঘ অ্যামিটারের পাল্লা দ্বিগুণ হলে $i' = (2 \times 2)\ A = 4A = 4000\ mA$

$i_g = 80\ mA$

সান্টের মান, S' হলে,

$$S' = \frac{i_g}{i' - i_g} G$$

$$= \frac{80}{4000 - 80} \times 20\Omega$$

$$= 0.408\ \Omega < 0.83\Omega \qquad [\text{গ হতে}, \delta = 0.83\Omega]$$

অতএব, পূর্বের সান্ট এর সাথে আরও একটি সান্ট S'' সমান্তরালে লাগাতে হবে,

$$\frac{1}{S''} + \frac{1}{S} = \frac{1}{S'}$$

$$\text{বা}, \frac{1}{S''} = \frac{1}{S'} - \frac{1}{S}$$

$$\text{বা}, S'' = \left[\left(\frac{1}{S'}\right) - \left(\frac{1}{S}\right)\right]^{-1}$$

$$= \left\{\left(\frac{1}{0.408}\right) - \left(\frac{1}{0.83}\right)\right\}^{-1}$$

$$= 0.802\ \Omega$$

অতএব, পূর্বের সান্টের সাথে আরও একটি 0.802 Ω সান্ট সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নের উত্তর দাও :

গায়ে হলুদ, বেগুনী, লাল এবং সোনালী রঙ এর একটি রোধককে তামার একটি মিটার ব্রিজের ডান বাহুতে সংযুক্ত করে বাম বাহুতে 1200Ω মানের রোধক সংযুক্ত করা হলো। এমতাবস্থায় বাম প্রান্ত হতে ২০ সে.মি দূরে গ্যালভানোমিটারের নিঃস্পন্দ অবস্থা পাওয়া গেল।

[মহীপুর হাজী মহসীন সরকারি কলেজ]

ক. অর্ধ-পরিবাহী পদার্থ কাকে বলে? ১

খ. রোধের কালার কোডের গুরুত্ব লিখ। ২

গ. কালার কোড হতে রোধকটির রোধ বের কর। ৩

ঘ. মিটার ব্রিজের সাহায্যে রোধকের প্রাপ্তমান সঠিক ছিল কিনা তা উদ্দীপকের আলোকে যাচাই কর। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল পদার্থের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা অন্তরকের চেয়ে বেশি কিন্তু পরিবাহক হতে কম এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে যেসব পদার্থের পরিবহন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় বা রোধ কমে যায় তাদেরকে অর্ধ-পরিবাহী পদার্থ বলে।

খ রোধের কালার কোডের গুরুত্ব হলো–

১. রোধক দেখে এর মান জানা যায়।

২. রোধকের মানের শুদ্ধতার সীমা জানা যায়।

৩. ক্ষুদ্র রোধের উপর এর বৃহৎমানের সংখ্যা লেখার (রোধের মান) অসুবিধা থেকে মুক্তি।

গ রোধকটির রোধ R হলে,

$R = 47 \times 10^2 \pm 5\%$

$= 4700 \pm 5\%$

রোধের সর্বোচ্চ মান

$= 4700 + 4700$ এর 5%

$= 4700 + 4700 \times 0.05$

$= 4935\ \Omega$ **(Ans.)**

রোধের সর্বনিম্ন মান $= 4700 - 4700$ এর 5%

$= 4465\ \Omega$ **(Ans.)**

এখানে,
হলুদ বর্ণের কোড = 4
বেগুনী বর্ণের কোড = 7
লাল বর্ণের জন্য গুণক = 10^2
সোনালী বর্ণের জন্য টলারেন্স = ±5%

ঘ মিটার ব্রিজের ডান বাহুতে রোধকটি সংযুক্ত থাকলে, এর মান Q হলে,

$$\frac{P}{Q} = \frac{l}{100 - l}$$

$$\text{বা}, Q = P \times \frac{100 - l}{l}$$

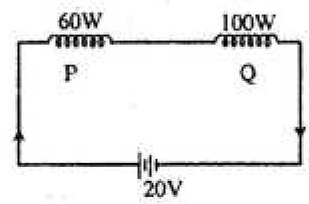
$$= 1200 \times \frac{100 - 20}{20}$$

$$\therefore Q = 4800\ \Omega$$

এখানে,
বাম বাহুতে যুক্তরোধ, P = 1200Ω
মিটার ব্রিজে বাম প্রান্ত হতে নিঃস্পন্দ অবস্থার দূরত্ব, l = 20cm

'গ' হতে পাই, রোধকটির মান 4700 ± 5% অর্থাৎ, রোধকটির মান সর্বোচ্চ 4935Ω হতে 4465Ω এর মধ্যে পরিবর্তনশীল হতে পারে। যেহেতু মিটার ব্রিজ হতে নির্ণীত মান এ রেঞ্জের মধ্যে আছে, তাই বলা যায়, মিটার ব্রিজের সাহায্যে নির্ণীত মান সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶ ৫৯



চিত্রের বাতি দুটির গায়ে লেখা আছে 220V

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. ডায়োড কী? ১

খ. চার্জের কোয়ান্টায়ন বলতে কি বুঝ? ২

গ. বাতি দুটির রোধ কত? ৩

ঘ. কীভাবে যুক্ত করলে Q বাতিটি সর্বোচ্চ উজ্জ্বল আলো বিকিরণ করবে- গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি p-টাইপ ও একটি n-টাইপ অর্ধপরিবাহীকে বিশেষ পদ্ধতিতে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করা হলে যে ডিভাইস সৃষ্টি হয় তাকে p-n জাংশন ডায়োড বলে।

খ আধানের যে কোনো মান হতে পারে না- এ বিষয়টিকে আধানের কোয়ান্টায়ন বলে। দুটি অনাহিত বস্তুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদানের ফলে উভয়ই সমান মানের কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জে চার্জিত হয়। কয়টি ইলেকট্রন স্থানান্তর করলো তার ওপর আধানের মান নির্ভর করে। একারণে আধানের মান সর্বদা ইলেকট্রনের আধানের ($e = -1.6 \times 10^{-19}C$) সরল গুণিতক হয়, ভগ্নাংশ হতে পারেনা। যেমন, $2.4 \times 10^{-19}C$ মানের কোনো আধান থাকতে পারেনা, কারণ এটি e এর ভগ্নাংশ (1.5) গুণিতক।

গ

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$$

$$\therefore R_1 = \frac{V_1^2}{P_1}$$

$$= \frac{220^2}{60}$$

$$= 806.67\ \Omega\ \textbf{(Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
প্রথম বাতির,
ক্ষমতা, $P_1 = 60$ W
বিভব পার্থক্য, $V_1 = 220V$
দ্বিতীয় বাতির,
ক্ষমতা, $P_2 = 100$ W
বিভব পার্থক্য, $V_2 = 220$ V

অনুরূপভাবে,

$$R_2 = \frac{V_2^2}{P_2}$$

$$= \frac{220^2}{100}$$

$$= 484\Omega\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ যে বাতিটি একক সময়ে বেশি শক্তি বিকিরণ করতে অর্থাৎ যার ক্ষমতা বেশি হবে সেটিই উজ্জ্বলভাবে জ্বলবে।

আমরা জানি, $P = \frac{V^2}{R}$

অর্থাৎ, কোন রোধের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য বেশি হলে তার ক্ষমতা বেশি হবে।

বাতি দুটি সিরিজে যুক্ত থাকলে মোট বিভব পার্থক্য = 20V বাতিদ্বয়ের দুই প্রান্তে ভাগ হয়ে যায়। কিন্তু যদি Q বাতিটি P এর সমান্তরালে থাকে তবে বিভব পার্থক্য একই থাকে। ফলে এক্ষেত্রে বাতিটি বেশি উজ্জ্বলভাবে জ্বলবে।

'গ' হতে পাই, P এর রোধ, $R_P = 806.67\Omega$

Q এর রোধ, $R_Q = 484\ \Omega$

যখন তারা সমান্তরালে থাকে তখন Q তে ব্যয়িত ক্ষমতা,

$$P' = \frac{V^2}{R_Q} = \frac{20^2}{484} = 0.823\ W$$

যখন তারা সিরিজে যুক্ত থাকে, তখন Q বাতির দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য,

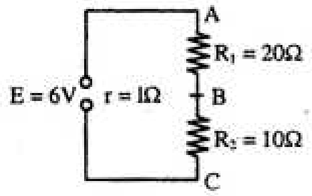
$$V_Q = \frac{20}{806.67 + 484} \times 484 = 484 = 7.5\ V$$

$\therefore$ ব্যয়িত ক্ষমতা, $P = \frac{7.5^2}{484} = 0.116\ W$

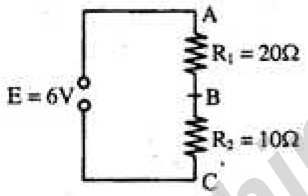
যেহেতু $P' > P$

অতএব, সমান্তরালে যুক্ত থাকলে বেশি উজ্জ্বলভাবে জ্বলবে।

প্রশ্ন ▶৬০ নিচের চিত্রগুলো লক্ষ করো ও প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



চিত্র-১



চিত্র-২

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী]

ক. কির্শফের ১ম সূত্রটি লিখো। ১

খ. তড়িৎ বর্তনীতে শান্ট ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. চিত্র-১ এ R_1 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিত্র-১ এর R_2 এর সাথে কত মানের রোধ কিভাবে যুক্ত করলে এই বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ চিত্র-২ এর বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহের সমান হবে? ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\sum i = 0$।

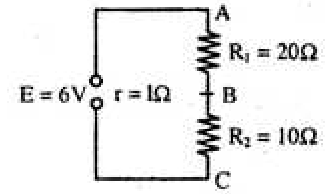
খ গ্যালভানোমিটার বা অ্যামিটারের মত অত্যন্ত সুবেদী যন্ত্রগুলোর মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা সীমা অতিক্রম করলে যন্ত্রের কুণ্ডলীটি পুড়ে যায় এবং যন্ত্রটি ক্ষতিগ্রস্ত হয়। এসব যন্ত্রকে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করার জন্য শান্ট ব্যবহার করা হয়।

সান্ট বা স্বল্পমানের রোধ সমান্তরালে ব্যবহার করার ফলে তড়িৎপ্রবাহ একটি সহজ পথ খুঁজে পায় এবং অধিকাংশ প্রবাহ শান্টের মধ্য দিয়ে যায়।

$$I_s = \frac{G}{G + S} \cdot I$$

ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহজনিত সৃষ্ট তাপে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

গ



উক্ত বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ I হলে,

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{6}{1 + 30} = 0.194A$$

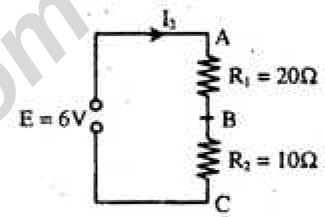
এখানে,
তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, E = 6V
তড়িৎ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 1\Omega$
রোধ, $R_1 = 20\Omega$
রোধ, $R_2 = 10\Omega$
$\therefore$ তুল্যরোধ, $R = (20 + 10)\Omega = 30\Omega$

এখন, R_1 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হলে,

$$V = IR_1 = 0.194 \times 20 = 3.88V\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
তড়িৎ প্রবাহ, $I = 0.194$
রোধ, $R_1 = 20\Omega$

ঘ 'গ' হতে পাই চিত্র-১ এর বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ $I_1 = 0.194A$



এ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ I_2 হলে,

$$I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{6}{20 + 10} = \frac{6}{30} = 0.2A$$

এখানে,
তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, E = 6V
রোধ, $R_1 = 20\Omega$
রোধ, $R_2 = 10\Omega$

যেহেতু চিত্র-১ এর তুলনায় চিত্র-২ এর বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বেশি। তাই চিত্র-১ এ বর্তনীর মোট তুল্যরোধ কমাতে হবে। যেহেতু সমান্তরালে রোধ যুক্ত করলে তুল্যরোধ কমে, তাই প্রশ্নানুসারে R_2 এর সাথে সমান্তরালে একটি রোধ যোগ করতে হবে।

ধরি, সমান্তরালে যুক্ত রোধটির মান R_3

$\therefore$ চিত্র-১ এর বর্তনীতে R_2 ও R_3 এর তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\therefore R_p = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{R_3}}$$

চিত্র-১ এর বর্তনীতে মোট তুল্যরোধ, R_s হলে, $R_s = r + R_1 + R_p$

$\therefore$ চিত্র-১ এর বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ I_2 এর সমান অর্থাৎ, I_2 এর সমান হবে।

$$\therefore I_2 = \frac{E}{r + R_1 + R_p}$$

বা, $0.2 = \frac{6}{1 + 20 + R_p}$

বা, $0.2 + 4.0 + 0.2\ R_p = 6$

বা, $R_p = \frac{1}{0.2}(6 - 0.2 - 4.0)$

বা, $\frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{R_3}} = 9$

বা, $\frac{1}{10}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{9}$

বা, $\frac{1}{R_3}=\frac{1}{9}-\frac{1}{10}=\frac{10-9}{90}$

বা, $\frac{1}{R_3}=\frac{1}{90}$

$\therefore R_3 = 90\Omega$

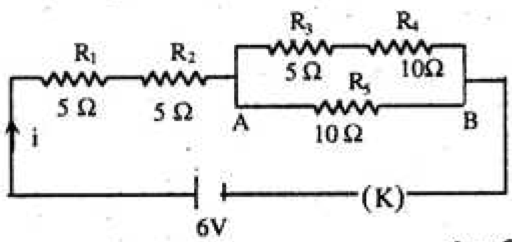
অতএব, চিত্র-১ এর বর্তনীর প্রবাহ চিত্র-২ এর বর্তনীর প্রবাহের সমান হতে হলে R_2 এর সাথে সমান্তরালে 90Ω মানের রোধ যোগ করতে হবে।

Check: ২য় বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{p_2} = 20 + 10 = 30\Omega$

১ম বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{p_1} = (90 \,||\, 10) + 20 = 30\Omega$

যেহেতু $E_1 = E_2 = 6V$ তাই $I_1 = I_2 = \frac{6}{30} = 0.2A$

প্রশ্ন ▶৬১



[এম সি কলেজ, সিলেট]

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বাড়ালে অর্ধ-পরিবাহীর রোধ কম হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্তনীর R_5 রোধসমেত AB বাহুকে অপসারণ করলে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে সান্ট বলে।

খ অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেক্ট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 16 Ω।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** প্রবাহ হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶৬২ হ্রাম্রাসাই মার্মা 1.5V মানের কয়েকটি পুরাতন শুষ্ক কোষ সংগ্রহ করে। পাঁচটি কোষকে শ্রেণি সমবায়ে রেখে বর্তনী সাজিয়ে এবং বর্তনীতে 1Ω রোধের অ্যামিটার যুক্ত করে সে লক্ষ্য করলো অ্যামিটারে 2.97mA তড়িৎ প্রবাহ প্রদর্শিত হচ্ছে। কোষ বাড়ালে বা কমালে প্রবাহের তেমন কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না। তবে সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে কোষ বাড়ালে বা কমালে তদনুপাতে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। শুষ্ক কোষগুলোর প্রতিটির রোধ পাওয়া গেল 500Ω। *[রাঙামাটি সরকারি কলেজ]*

ক. কোনো মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক কী? ১

খ. GaAs এর তৈরি তারের রোধ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায় কেন? ২

গ. কতক্ষণ তড়িৎ প্রবাহ চললে বর্তনীতে 5.5J শক্তি উৎপন্ন হবে? ৩

ঘ. সংশ্লিষ্ট সূত্রসমূহের আলোকে শ্রেণি ও সমান্তরাল সমবায়ের জন্য অ্যামিটারে তড়িৎ প্রবাহের পর্যবেক্ষণ বিশ্লেষণ কর। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা ও শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতার অনুপাতকে উক্ত মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক বলা হয়।

খ GaAs হল একটি n-টাইপ অর্ধপরিবাহী। এর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এতে Ga এর অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন বন্ধন ভেঙে বেরিয়ে আসে। ফলে GaAs এ মুক্ত ইলেকট্রন তথা আধান বাহকের সংখ্যা বাড়ে। এ কারণে তাপমাত্রা বাড়ালে GaAs এর পরিবাহিতা বাড়ে অর্থাৎ, রোধ কমে।

গ বর্তনীতে t সময় তড়িৎপ্রবাহ চললে যদি, H = 5.5J শক্তি উৎপন্ন হয়, তবে

$H = I^2Rt$

বা, $t = \frac{H}{I^2R}$

$= \frac{5.5}{(2.97 \times 10^{-3})^2 \times 1}$

$= 623519.14$ sec **(Ans.)**

এখানে,
রোধ, R = 1Ω
তড়িৎ প্রবাহ, I = 2.97 mA
$= 2.97 \times 10^{-3}$ A

ঘ এখানে,
তড়িচ্চালক বল, E = 1.5 V
অভ্যন্তরীণ রোধ= r
পরিবর্তনীয় রোধ, R = 1Ω

শ্রেণি সংযোগে প্রবাহ মাত্রা, $I_s = 2.97$ mA $= 2.97 \times 10^{-3}$ A

$\therefore I_s = \frac{nE}{nr + R}$

বা, $I_s = \frac{5E}{R + 5r}$

বা, $R + 5r = \frac{5E}{I_s}$

বা, $r = \frac{1}{5}\left(\frac{5E}{I_s} - R\right) = \frac{1}{5} \times \left\{\frac{5 \times 1.5}{2.97 \times 10^{-3}} - 1\right\} \Omega$

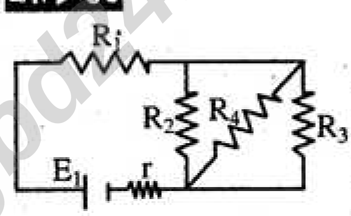
$\therefore r = 504.85\ \Omega$

কোষ পাঁচটিকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা,

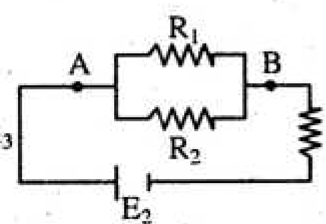
$I_p = \frac{E}{R + \frac{r}{5}} = \frac{1.5}{1 + \frac{504.85}{5}}$ A = 14.71 mA

অতএব, শুষ্ক কোষগুলোর সমান্তরাল সংযোগে অ্যামিটারে প্রাপ্ত তড়িৎ প্রবাহ শ্রেণি সংযোগের তুলনায় $\frac{14.71}{2.97}$ বা 4.95 গুণ বেশি পর্যবেক্ষিত হবে।

প্রশ্ন ▶৬৩



চিত্র: ১



চিত্র: ২

$R_1 = 10\ \Omega$
$R_2 = 15\ \Omega$
$R_3 = 2\ \Omega$
$r = 0.5\ \Omega$
$E_1 = 6V$
$E_2 = 5V$

[খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ]

ক. আ: রোধ কাকে বলে? ১

খ. উত্তম পরিবাহকের তড়িচ্চালক শক্তি এর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমান"—উক্তিটির যথার্থতা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র-১ এর তুল্য রোধ বের কর। ৩

ঘ. চিত্র-২ এর A এবং B এর মধ্যকার প্রবাহ চিত্র-১ এর প্রবাহের সমান পেতে হলে A এবং B এর মাঝে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে—গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ৫(ক) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ পরিবাহকের কোন তড়িচ্চালক শক্তি থাকে না। তড়িচ্চালক শক্তি উৎসের সাথে সম্পর্কিত।

গ R_4 এর মান না থাকায় উত্তর করা সম্ভব নয়। $R_4 = 5\Omega$ হলে তুল্যরোধের মান হবে : 11.8 Ω।

ঘ চিত্র-২ এর ডানবাহুর রোধটির মানও উদ্দীপকে অনুপস্থিত। তাই উত্তর করা সম্ভব নয়।

৭৯. তড়িৎ প্রবাহের একক কোনটি? [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর] (জ্ঞান)
ⓚ A ⓚh V
ⓖ Vm^{-1} ⓖh Am^{-1} — ক

৮০. কোনো পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ দিয়ে অভিলম্বভাবে 0.5sec এ – 9C চার্জ প্রবাহিত হলে প্রবাহমাত্রা কত? (প্রয়োগ)
ক) 0.5A খ) 1A
গ) 18A ঘ) 3A — গ

৮১. কোনো পরিবাহকের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের মানের রাশিমালা কোনটি? (জ্ঞান)
ক) $i = nAve$ খ) $I = \frac{Ave}{n}$
গ) $I = n^2Ave$ ঘ) $I = nAvd$ — ক

৮২. একটি তারের রোধ r Ω. তারটিকে টেনে দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করা হলে তখন ইহার রোধ হবে—[কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া]
ক) r/2 খ) 4r
গ) 2r ঘ) r/4 — খ

৮৩. একটি বাল্বের গায়ে লেখা 220V– 60W। বাল্বটির রোধ কত? [সিরাজগঞ্জ সরকারি কলেজ, সিরাজগঞ্জ] (প্রয়োগ)
ক) 806Ω খ) 1320Ω
গ) 3.6Ω ঘ) 220Ω — ক

৮৪. 1Ω = ? (অনুধাবন)
ক) $1VA^{-1}$ খ) $1VA^{-1}$
গ) $1AV^{-1}$ ঘ) $1AV^{-2}$ — খ

৮৫. পরিবাহীতার একক কী? [নওগাঁ সরকারি কলেজ, নওগাঁ] (জ্ঞান)
ক) ওহম খ) ভোল্ট
গ) সিমেন্স ঘ) অ্যাম্পিয়ার — গ

৮৬. রোধের দৈর্ঘ্যের সূত্র এবং প্রস্থচ্ছেদের সূত্রের সম্মিলিত রূপ কোনটি? (জ্ঞান)
ক) $R \propto \frac{L}{A}$ খ) $R \propto \frac{l}{A^2}$
গ) $R \propto \frac{L^2}{A}$ ঘ) $R \propto L \times A$ — ক

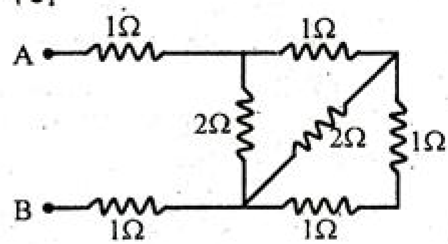
৮৭. আপেক্ষিক রোধের একক কী?
ক) Ωm খ) Ωm^{-1}
গ) Ωm^2 ঘ) Ωm^{-2} — ক

৮৮. অ্যালুমিনিয়ামের উষ্ণতা সহগ হলো—
ক) $1.65 \times 10^{-3}\,(°C)^{-1}$
খ) $3.25 \times 10^{-3}(°C)^{-1}$
গ) $3.9{\times}10^{-3}(°C)^{-1}$ ঘ) $4.5{\times}10^{-3}(°C)^{-1}$ — গ

৮৯. 0°C তাপমাত্রায় ম্যাঙ্গানিনের আপেক্ষিক রোধ কত? (জ্ঞান)
ক) $41.0 \times 10^{-5}\Omega m$ খ) $41.0 \times 10^{-7}\Omega m$
গ) $41.0 \times 10^{-8}\Omega m$ ঘ) $41.0 \times 10^{-10}\Omega m$ — গ

৯০. বৃত্তাকার প্রস্থচ্ছেদের কোনো পরিবাহীর ব্যাসার্ধ অর্ধেক করা হলে, রোধ হবে— (অনুধাবন)
ক) এক-চতুর্থাংশ খ) অর্ধেক
গ) দ্বিগুণ ঘ) চারগুণ — ঘ

৯১. নিচের বর্তনীর A ও B প্রান্তদ্বয়ের মধ্যবর্তী তুল্য রোধ কত?



ক) 3Ω খ) 3.5Ω
গ) 4.5Ω ঘ) 6Ω — ক

৯২. জুলের সূত্র তিনটিকে একত্রে লিখলে কী ধরনের সমীকরণ উৎপন্ন হয়? (জ্ঞান)
ক) $H \propto i^2Rt$ খ) $H \propto iR^2t$
গ) $H \propto iRt^2$ ঘ) $H \propto iRt$ — ক

৯৩. E = 2V মানের তিনটি তড়িৎ কোষ শ্রেণিতে যুক্ত থাকলে কোষগুলোর মিলিত তড়িচ্চালক শক্তি কত? (প্রয়োগ)
ক) $\frac{2}{3}V$ খ) 2V
গ) 6V ঘ) 12V — গ

৯৪. Ampere-second কীসের একক? [কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া] (জ্ঞান)
ক) ক্ষমতা খ) পরিবাহিতা
গ) শক্তি ঘ) চার্জ — ঘ

৯৫. কোন্ রাশিটি সান্টের ক্ষমতা গুণক নামে পরিচিত? [সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল] (জ্ঞান)
ক) $\frac{S}{S+G}$ খ) $\frac{S+G}{S}$
গ) $\frac{S-G}{G}$ ঘ) $\frac{G}{S-G}$ — খ

৯৬. একটি হুইটস্টোন ব্রিজে P ঃ Q ঃ R = 1 ঃ 3 ঃ 9 হলে নিম্নোক্ত কোন শর্তে ব্রিজটি সাম্যবস্থায় আসবে? (প্রয়োগ)
ক) S = 3P খ) S = 3Q
গ) S = 3R ঘ) P + Q + R = S — গ

৯৭. ওপরের চিত্রের জন্য নিচের কোন সমীকরণটি সঠিক? (প্রয়োগ)
ক) $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$
খ) $I_1 + I_2 + I_5 = I_4 + I_4$
গ) $I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$
ঘ) $I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4$ — ঘ

৯৮. নিচের কোন রাশিটি পরিমাপে মিটার ব্রীজ ব্যবহার করা হয়? (জ্ঞান)

ক) রোধকত্ব খ) রোধ

গ) প্রবাহ ঘ) বিভব (খ)

৯৯. হুইটস্টোন ব্রীজের ভারসাম্যের শর্ত কোনটি? (জ্ঞান)

ক) $\frac{P}{R} = \frac{S}{Q}$ খ) $\frac{P}{S} = \frac{R}{Q}$

গ) $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ ঘ) $\frac{P}{Q} = \frac{S}{R}$ (গ)

১০০. তড়িৎ প্রবাহের ফলে— (উচ্চতর দক্ষতা)

i. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ঘটে
ii. চৌম্বক ক্রিয়া ঘটে
iii. তাপীয় ক্রিয়া ঘটে

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (ঘ)

১০১. কোনো পদার্থের রোধাঙ্কের মান $1.6 \times 10^{-8}\Omega m$ বলতে বুঝায় যে— (উচ্চতর দক্ষতা)

i. 1m বাহুবিশিষ্ট উক্ত পদার্থের একটি ঘনকের রোধের মান হবে $1.6 \times 10^{-8}\Omega$
ii. 1m ব্যাসার্ধের উক্ত পদার্থের একটি গোলকের রোধের মান হবে $1.6 \times 10^{-8}\Omega$
iii. ঐ পদার্থের 1m দৈর্ঘ্যের $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের কোনো টুকরার রোধ হবে $1.6 \times 10^{-8}\Omega$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (খ)

১০২. আপেক্ষিক রোধ নির্ভর করে— [সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল] (উচ্চতর দক্ষতা)

i. পরিবাহীর উপাদানের ওপর
ii. তাপমাত্রার ওপর
iii. পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের ওপর

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (ক)

১০৩. 10Ω, 50Ω এবং 190Ω রোধের তিনটি পরিবাহককে শ্রেণিতে সংযুক্ত করে সমবায়ের দু প্রান্তে 250V বিভব প্রয়োগ করা হলে— (প্রয়োগ)

i. বর্তনীর তুল্যরোধ 250Ω
ii. বর্তনীর মূল প্রবাহের মান হবে 1A
iii. 50Ω রোধকের দুপ্রান্তের বিভব পার্থক্য হবে 100V

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (ক)

১০৪. দুটি রোধককে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করায় 7.5Ω এবং সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করায় 0.6Ω রোধ পাওয়া গেলে— (প্রয়োগ)

i. ক্ষুদ্রতর রোধটির মান 0.66Ω
ii. বৃহত্তর রোধটির মান 6.84Ω
iii. রোধদ্বয় শ্রেণি সমবায়ের তুল্যরোধ সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য রোধের 12.5 গুণ

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (ঘ)

১০৫. কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে উৎপন্ন তাপের রাশিমালা— (প্রয়োগ)

i. $H = VIt$ জুল
ii. $H = 0.24I^2Rt$ জুল
iii. $H = \frac{V^2t}{R}$ জুল

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (খ)

১০৬. একটি কোষের তড়িৎচালক শক্তি 2V। এতে যখন 5A তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন এর দুই প্রান্তের পার্থক্য 1.8V হয়। এই কোষের— (প্রয়োগ)

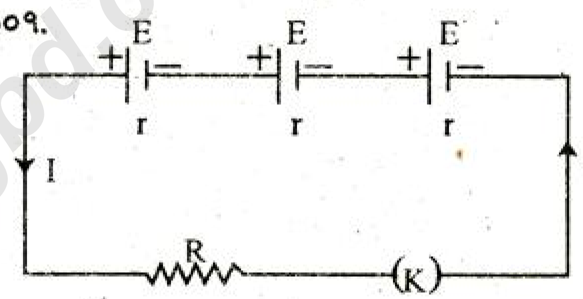
i. প্রাপ্ত ভোল্ট 2V
ii. হারানো ভোল্ট 0.2V
iii. অভ্যন্তরীণ রোধ 0.04Ω

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (গ)

১০৭.



উপরের বর্তনীতে— [আব্দুল কাদির মোল্লা কলেজ, নরসিংদী; বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (উচ্চতর দক্ষতা)

i. ব্যাটারীর তুল্যরোধ (R + 3r)
ii. ব্যাটারীর তুল্য তড়িৎচালক শক্তি 3E
iii. মূল তড়িৎ প্রবাহের মান $\frac{3E}{R + 3r}$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (গ)

১০৮. r = 3Ω অভ্যন্তরীণ রোধের এবং E = 10V মানের তিনটি তড়িৎ কোষ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হলো। এ সমবায়ের সাথে 30Ω মানের একটি বহিঃস্থ রোধ সংযুক্ত করা হলো— (অনুধাবন)

i. কোষের সমবায়টির তুল্যরোধ 1Ω
ii. বর্তনীর তুল্য তড়িৎচালক শক্তি 30V
iii. বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহের মান 0.32A

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii

গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii (খ)

১০৯. একটি হুইটস্টোন ব্রিজের চার বাহুর রোধ 8, 12, 16 ও 20Ω হলে ব্রিজের ভারসাম্য অবস্থার ক্ষেত্রে চতুর্থ বাহুর— (প্রয়োগ)

i. রোধ হবে 24Ω
ii. মধ্যে অতিরিক্ত 4Ω রোধ সংযোজন করতে হবে
iii. মধ্যে 20Ω রোধের সাথে অতিরিক্ত একটি রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

ⓚ i ও ii ⓚ্ষ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii (ক)

১১০. একটি নির্দিষ্ট গ্যালভানোমিটারের জন্য G ধ্রুবক। তাই S এর মান কম হলে— (অনুধাবন)

i. I_S বেশি হয়
ii. নির্দিষ্ট I এর জন্যে I_g কম হয়
iii. গ্যালভানোমিটার মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ কম হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii (ঘ)

উদ্দীপকটি পড়ে ১১১ ও ১১২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
রুপার তৈরি কোনো পদার্থের রোধ 0°C এবং 20°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 10Ω এবং 10.10Ω.

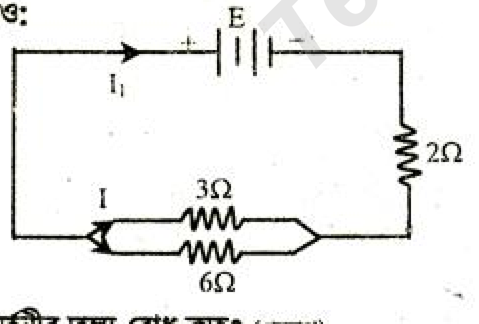
১১১. রুপার রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক কত? (প্রয়োগ)

ক $2 \times 10^{-3}/°C$ খ $2 \times 10^{-4}/°C$
গ $5 \times 10^{-3}/°C$ ঘ $5 \times 10^{-4}/°C$ (ঘ)

১১২. 40° তাপমাত্রায় ঐ পদার্থের রোধ কত হবে? (প্রয়োগ)

ক 10.15Ω খ 10.20Ω
গ 10.30Ω ঘ 10.40Ω (খ)

নিচের বর্তনীটি লক্ষ্য কর এবং ১১৩ ও ১১৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

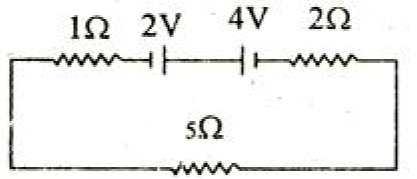


১১৩. বর্তনীর তুল্য রোধ কত? (প্রয়োগ)

ক 2.18Ω খ 4Ω
গ 4.5Ω ঘ 11Ω (খ)

১১৪. নিচের কোনটি সঠিক? (প্রয়োগ)

ক $I > I_2 > I_1$ খ $I_2 > I_1 > I$
গ $I_1 > I > I_2$ ঘ $I > I_2 > I$ (গ)



উদ্দীপকের আলোকে ১১৫ ও ১১৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

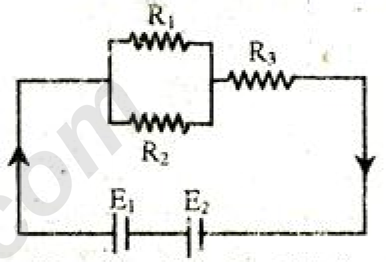
১১৫. বর্তনীতে প্রবাহিত বিদ্যুৎ প্রবাহের মান— [আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা] (প্রয়োগ)

ক 0.25 amp খ 0.3 amp
গ 0.35 amp ঘ 0.5 amp (ক)

১১৬. রোধ তিনটিতে বিভব পতনের সমষ্টি— [আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা] (প্রয়োগ)

ক 2 volt খ 3 volt
গ 5 volt ঘ 6 volt (ক)

নিচের উদ্দীপকের আলোকে ১১৭ ও ১১৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:



$R_1 = R_2 = R_3 = 10\Omega, E_1 = 2V, E_2 = 3V$

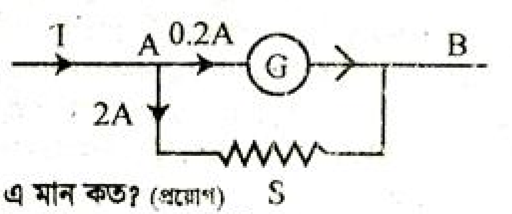
১১৭. বর্তনীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। (প্রয়োগ)

ক 0.75A খ 0.33A
গ 0.30 ঘ 0.17A (খ)

১১৮. উদ্দীপকের আলোকে কোন উক্তিটি সঠিক? (উচ্চতর দক্ষতা)

ক রোধগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা হ্রাস পাবে
খ কোষদ্বয় বিপরীতক্রমে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পাবে
গ রোধগুলো শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা হ্রাস পাবে
ঘ রোধগুলো শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পাবে (গ)

উদ্দীপকটি পড়ে ১১৯ ও ১২০ নং প্রশ্নের উত্তর দাও



১১৯. I এর মান কত? (প্রয়োগ)

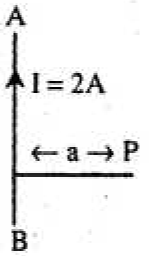
ক 0.2A খ 1.8A
গ 2A ঘ 2.2A (ঘ)

১২০. G এর মান 10Ω হলে S এর মান কত? (প্রয়োগ)

ক 1Ω খ 2Ω
গ 3Ω ঘ 4Ω (ক)

অধ্যায়-৪: তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া ও চুম্বকত্ব

প্রশ্ন ▶ ১



AB = 6m দীর্ঘ সরল তারটি হতে 'a' লম্ব দূরত্বে অবস্থিত P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্র 2.0×10^{-5}T. আফফান তারটিকে 3 পাকের কুণ্ডলীতে পরিণত করে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করে বলল, কুণ্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্রের মান 2.0×10^{-5}T অপেক্ষা বেশি হবে। চৌম্বক প্রবেশ্যতা $4\pi \times 10^{-7}$TmA^{-1}. [ঢা. বো. ২০১৭]

ক. সুপারনোভা কী? ১

খ. কোনো ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক 6.1×10^{-14}Hz– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লম্ব দূরত্ব 'a' এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আফফানের পর্যবেক্ষণ সঠিক ছিল কিনা যথাযথ বিশ্লেষণসহ মন্তব্য করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সূর্যের ভরের তুলনায় অনেক ভারী নক্ষত্রগুলো জ্বালানী শেষ হলে এর ভিতর সংকোচন অত্যন্ত তীব্র হয় এবং মূল অংশের ঘনত্ব এত বেড়ে যায় যে, প্রচণ্ড বিস্ফোরণের মধ্য দিয়ে এরা মৃত্যুবরণ করে। এই প্রচণ্ড বিস্ফোরণকে সুপার নোভা বলে।

খ কোনো ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক 6.1×10^{-14} Hz বলতে বোঝায়, উক্ত ধাতুর উপর সর্বনিম্ন 6.1×10^{-14} Hz কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় কিন্তু 6.1×10^{-14} Hz এর কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় না।

গ দেওয়া আছে,

তড়িৎ প্রবাহ, I = 2A

শূন্য মাধ্যমে চৌম্বক প্রবেশ্যতা, $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ TmA^{-1}

চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = 2 \times 10^{-5}$ T

বের করতে হবে, a = ?

আমরা জানি,

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi a}$$

$$\text{বা, } a = \frac{\mu_o I}{2\pi B} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 2 \times 10^{-5}}$$

$$\therefore a = 0.02 \text{ m (Ans.)}$$

ঘ কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধ r হলে,

$$2N\pi r = 6m$$

$$r = \frac{6m}{2N\pi} = \frac{6m}{2 \times 3 \times 3.1416}$$

$$= 0.318 \text{ m}$$

উদ্দীপক অনুসারে,

পাক সংখ্যা, N = 3

তড়িৎ প্রবাহ, I = 2A

কুণ্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্র B′ হলে,

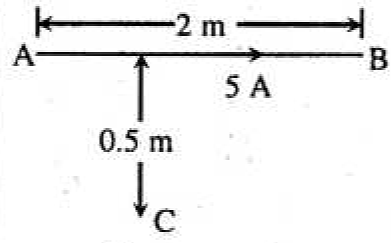
$$B' = \frac{\mu_o NI}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3 \times 2}{2 \times 0.318}$$

$$= 1.1855 \times 10^{-5} \text{ T}$$

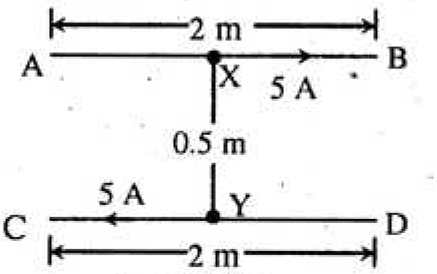
অর্থাৎ, কুণ্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বক ক্ষেত্র, $B' < 2 \times 10^{-5}$ T

সুতরাং, আফফানের পর্যবেক্ষণ সঠিক ছিল না।

প্রশ্ন ▶ ২



চিত্র (i)



চিত্র (ii)

[ঢা. বো. ২০১৬]

ক. স্বকীয় আবেশ কী? ১

খ. চুম্বক দ্বারা বৈদ্যুতিক শক্তি তৈরি করা যায়– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র (i) এ C বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত? ৩

ঘ. চিত্র (ii)-এর X ও Y বিন্দুতে চৌম্বক বলের দিকের তুলনা কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি মাত্র বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তনের ফলে যে তড়িৎ চৌম্বক আবেশ ঘটে তাকে স্বকীয় আবেশ বলে।

খ চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবকে কাজে লাগিয়ে বৈদ্যুতিক শক্তি তৈরি করা যায়। একটি বন্ধ কুন্ডলীর সাথে একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত করে একটি চুম্বক দণ্ডকে কুণ্ডলীর সাপেক্ষে গতিশীল করা হলে এর সাথে যুক্ত গ্যালভানোমিটারটি বিক্ষিপ্ত হতে দেখা যায়। প্রকৃতপক্ষে বন্ধ কুণ্ডলী ও চুম্বকের আপেক্ষিক গতির কারণে কুণ্ডলীতলের মধ্যে চৌম্বক বলরেখার ধারাবাহিক পরিবর্তন ঘটে। ফ্যারাডের সূত্রানুযায়ী, এই পরিবর্তনশীল চৌম্বকক্ষেত্র বন্ধ কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ সঞ্চার করে।

গ আমরা জানি, তড়িতবাহী লম্বা সোজা তারের আশপাশের কোনো বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের মান,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times (5 \text{ A})}{2\pi \times 0.5 \text{ m}}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ T}$$

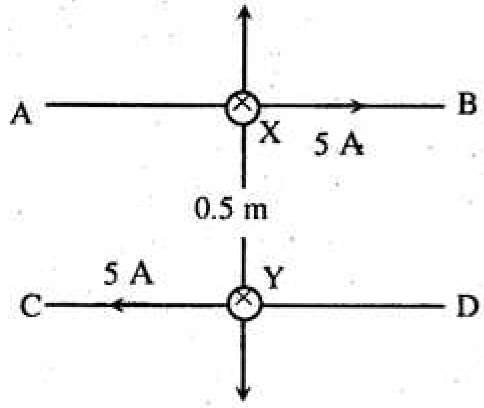
$$= 2 \ \mu\text{T (Ans.)}$$

এখানে, তড়িৎ প্রবাহ, I = 5A

তার হতে C বিন্দুতে দূরত্ব, a = 0.5m

চৌম্বক ক্ষেত্র, B = ?

ঘ ফ্লেমিংয়ের ডান হস্ত নিয়মানুসারে AB তারে তড়িৎ প্রবাহের জন্য Y বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব বরাবর ভিতরের দিকে। ফ্লেমিংয়ের বাম হস্ত নিয়মানুসারে Y বিন্দুতে তড়িৎবাহী CD তারের উপর চৌম্বক বলের দিক হবে CD তারের উপর লম্ব AB যে দিকে আছে তার বিপরীত দিকে।



আবার ফ্লেমিংয়ের ডান হস্ত নিয়মানুসারে CD তারে তড়িৎ প্রবাহের জন্য X বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব বরাবর ভিতরের দিকে। ফ্লেমিংয়ের বাম হস্ত নিয়মানুসারে X বিন্দুতে তড়িৎবাহী AB তারের উপর চৌম্বক বলের দিক হবে AB তারের উপর লম্ব CD যে দিকে আছে তার বিপরীত দিকে।

X ও Y বিন্দুতে তারের উপর ক্রিয়াশীল বলদ্বয়ের দিকে থেকে বোঝা যায় তারদ্বয় পরস্পরকে বিকর্ষণ করবে।

প্রশ্ন ▶৩ একটি লম্বা ও সোজা তারে 60A তড়িৎ সরবরাহ করা হলো। তার থেকে 40 cm দূরে P একটি বিন্দু। পরবর্তীতে তারটিকে বাঁকিয়ে 40 cm ব্যাসার্ধের এক পাকের বৃত্তাকার কুন্ডলী করা হলো যার কেন্দ্র হলো Q। *[সি. বো. ২০১৬]*

ক. হল বিভব পার্থক্য কাকে বলে? ১

খ. ট্রান্সফরমার ডিসি প্রবাহে কাজ করে না — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পরিবাহী থেকে P এবং Q বিন্দু সমদূরে থাকলেও চৌম্বকক্ষেত্রের মান ভিন্ন হতে পারে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তড়িৎবাহী পরিবাহককে প্রবাহের দিকের সাথে লম্বভাবে ক্রিয়াশীল চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাকে হল বিভব পার্থক্য বলে।

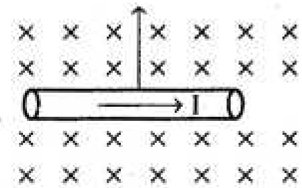
খ ট্রান্সফরমারের কার্যনীতি পারস্পরিক আবেশের নীতির উপর প্রতিষ্ঠিত। যেখানে মুখ্য কুণ্ডলীতে পরিবর্তী প্রবাহ প্রয়োগ করার ফলে চৌম্বক ফ্লাক্স পরিবর্তিত হয় এবং গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়। মুখ্য কুন্ডলীতে ডিসি ভোল্টেজ বা প্রবাহ প্রয়োগ করলে ট্রান্সফর্মারের মজ্জার মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স গমন করে। এ ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স $E = -N\frac{d\phi}{dt}$ সূত্রানুসারে গৌণ কুন্ডলীতে কোনো তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট করতে পারে না, কারণ $d\phi/dt = 0$ হয়। ফলে ইনপুট ডিসি ভোল্টেজের মান যাই হোক না কেন, আউটপুট তথা গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ সর্বদাই শূন্য হয়। তাই ট্রান্সফর্মার কেবল এসি প্রবাহে কাজ করে, ডিসি প্রবাহে কাজ করে না।

গ দেওয়া আছে,
লম্বা তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $I = 60A$
তার হতে বিবেচনাধীন (P) বিন্দুর দূরত্ব, $a = 40cm = 0.4m$
বের করতে হবে, P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান, $B = ?$
আমরা জানি, $B_P = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{4\pi\times10^{-7}TmA^{-1}\times60A}{2\pi\times0.4m} = 3\times10^{-5}T$ **(Ans.)**

ঘ বৃত্তাকার কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ, $r = 40cm = 0.4m$
এবং পাকসংখ্যা, $n = 1$
এর মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের মান, $I = 60A$
∴ বৃত্তাকার কুন্ডলীর কেন্দ্রে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্র,
$$B_Q = \frac{\mu_0 nI}{2r} = \frac{4\pi\times10^{-7}TmA^{-1}\times1\times60A}{2\times0.4m} = 9.425\times10^{-5}T$$
$$B_Q > B_P$$
সুতরাং পরিবাহী থেকে P এবং Q বিন্দু সমদূরত্বে থাকলেও চৌম্বক ক্ষেত্রের মান ভিন্ন হতে পারে এবং বৃত্তাকার কুণ্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্র সোজা তারের জন্য উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্র হতে বেশি।

প্রশ্ন ▶৪ 5×10^{-3} kg ভর, 0.6 m দৈর্ঘ্য এবং 0.1Ω রোধবিশিষ্ট একটি পরিবাহী তার $1.8\times10^{-3}T$ ফ্লাক্স ঘনত্বের সুষম চৌম্বকক্ষেত্রে লম্বভাবে রাখা আছে। তারটির দুই প্রান্তে 4.5V বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করে এতে তড়িৎপ্রবাহ সৃষ্টি করা হলো। (চৌম্বক প্রাবল্য, $H = 1.8\times10^{-5}T$) *[রা. বো. ২০১৬]*

তাড়িত চৌম্বক বল



ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১

খ. NAND কে সার্বজনীন গেট বলা হয় কেন? ২

গ. চৌম্বক প্রবেশ্যতা কত? ৩

ঘ. তারটি চৌম্বকক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় থাকবে— উক্তিটি যথার্থতা যাচাই কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

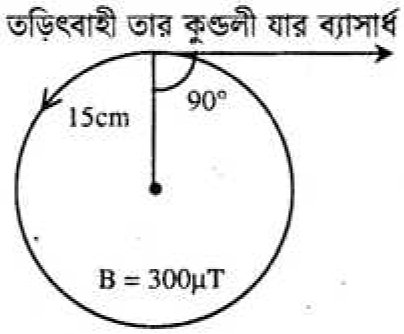
ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ একাধিক NAND গেট ব্যবহার করে অন্য যেকোনো গেট তৈরি করা সম্ভব। শুধু NAND গেট ব্যবহার করে দুই বা ততোধিক ইনপুট এর AND, OR, NOT মৌলিক অপারেশনগুলো করা সম্ভব। তাই NAND কে সার্বজনীন গেট বলা হয়।

গ দেওয়া আছে, চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব, $B = 1.8\times10^{-3}T$
চৌম্বক প্রাবল্য, $H = 1.8\times10^{-5}T$
বের করতে হবে, চৌম্বক প্রবেশ্যতা, $\mu = ?$
আমরা জানি, $B = \mu H$
$$\therefore \mu = \frac{B}{H} = \frac{1.8\times10^{-3}T}{1.8\times10^{-5}T} = 100 \text{ (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি, B মানের চৌম্বক ক্ষেত্রে $\vec{l}$ দৈর্ঘ্যের কোনো পরিবাহী তারের মধ্য দিয়ে I মাত্রার তড়িৎ প্রবাহিত হলে এর ওপর প্রযুক্ত চৌম্বক বল, $\vec{F} = I\vec{l}\times\vec{B} = IlB\sin\theta\,\hat{n}$
θ হলো $\vec{l}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ
উদ্দীপকের তথ্যানুযায়ী, $I = \frac{V}{R} = \frac{4.5V}{0.1\Omega} = 45A$
$l = 0.6m, B = 1.8\times10^{-3}T, \theta = 90°$
$$\therefore |\vec{F}| = IlB\sin\theta = 45A\times0.6m\times1.8\times10^{-3}T\times\sin90° = 0.0486N \approx 0.049N$$
ফ্লেমিং এর বাম হস্ত নিয়ম অনুসারে পরিবাহী তারটির ওপর প্রযুক্ত চৌম্বক বলের দিক ওপরের দিকে।
আবার, তারের ভর, $m = 5\times10^{-3}$ kg
∴ তারের ওজন, $W = mg = 5\times10^{-3}\text{ kg}\times9.8\text{ ms}^{-2} = 0.049N = F$
অর্থাৎ, চৌম্বক বল এবং তারের ওজন সমান বলে তারটি চৌম্বকক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় থাকবে। কাজেই উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶৫ একটি তড়িৎবাহী তার কুণ্ডলী যার ব্যাসার্ধ 15 cm.



[দি. বো. ২০১৭]

ক. স্বকীয় আবেশ কী? ১

খ. ভৌগোলিক ও চৌম্বক মধ্যতলের অন্তর্ভুক্ত কোণ ব্যাখ্যা করো। ২

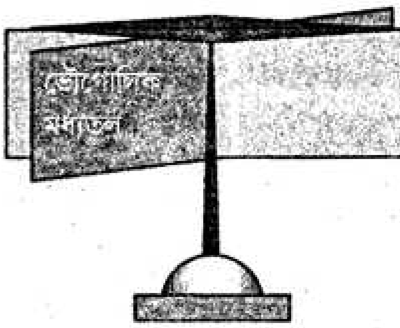
গ. উদ্দীপকের বৃত্তাকার কুণ্ডলীর 62 পাকের জন্য তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তার কুণ্ডলীটি থেকে পরিধির সমান অংশ নিয়ে সোজা করে লম্বা তারটি থেকে বৃত্তাকার কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধের সমান দূরত্বে চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্বের কি পরিবর্তন ঘটবে? বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তনের ফলে ঐ কুণ্ডলীতে যে তাড়িতচৌম্বক আবেশ ঘটে তাকে স্বকীয় আবেশ বলে।

খ কোন স্থানে মুক্তভাবে ঝুলন্ত স্থির চুম্বকের চৌম্বক-অক্ষ বরাবর এবং ভূপৃষ্ঠের সাথে লম্ব কল্পিত তলকে ঐ স্থানের চৌম্বক মধ্যতল বলে।



কোনো স্থানে ভৌগোলিক উত্তর মেরু ও দক্ষিণ মেরু বরাবর এবং ভূ-পৃষ্ঠের সাথে লম্ব কল্পিত তল হচ্ছে ঐ স্থানের ভৌগোলিক মধ্যতল।

চৌম্বক মধ্যতল ও ভৌগোলিক মধ্যতল এক হয় না। এদের মধ্যে কিছু কৌণিক ব্যবধান থাকে। একে বিচ্যুতি বলে।

গ দেওয়া আছে,

তড়িৎবাহী বৃত্তাকার তার কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধ, $r = 15\text{ cm} = 0.15\text{m}$

পাকসংখ্যা, $N = 62$

সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র, $B = 300\mu T = 300 \times 10^{-6}T$

তড়িৎ প্রবাহ, $i = ?$

আমরা জানি,

বৃত্তাকার কুণ্ডলীর কেন্দ্রে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্র,

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2r}$$

$$\text{বা, } i = \frac{B.2r}{\mu_0 N}$$

$$= \frac{300 \times 10^{-6}\text{ T} \times 2 \times 0.15\text{ m}}{4\pi \times 10^{-7}\text{ T.m.A}^{-1} \times 62}$$

$= 1.155$ A. **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

তড়িৎবাহী তার কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধ, $r = 15\text{cm} = 0.15\text{m}$

∴ তার কুণ্ডলীর পরিধি, $2\pi r = 2 \times 3.1416 \times 0.15$
$= 0.94248$ m

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 1.155$ A ; [(গ) হতে]

দূরত্ব, $a = 0.15$ m

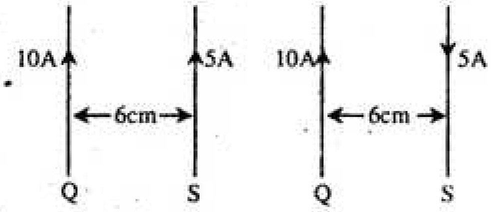
চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব, $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi a}$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}\text{ TmA}^{-1} \times 1.155\text{A}}{2 \times 3.1416 \times 0.15\text{m}}$$

$= 1.54 \times 10^{-6}\text{ T} = 1.54\ \mu T$

যা পূর্বের চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব তথা চৌম্বকক্ষেত্রের মান $300\mu T$ হতে অনেক কম। অর্থাৎ বলা যায়, তার কুণ্ডলী থেকে পরিধির সমান অংশ নিয়ে সোজা করে লম্বা তারটি থেকে বৃত্তাকার কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধের সমান দূরত্বে চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব কমবে।

প্রশ্ন ▶ ৬



চিত্র-১ চিত্র-২

চিত্র-১ ও চিত্র-২ এ PQ ও RS দুটি সমান্তরাল তড়িৎ প্রবাহবাহী তার। [কু. বো. ২০১৭]

ক. হল বিভব কী? ১

খ. ঢাকার বিচ্যুতি 30′E বলতে কী বোঝ? ২

গ. উদ্দীপকের তার দুটির প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর RS পরিবাহীর একক দৈর্ঘ্যের উপর ক্রিয়াশীল বলের দিক একই হবে না— উপযুক্ত সূত্র প্রয়োগ করে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পাত আকারের তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলে তড়িৎ প্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর দুই বিপরীত পৃষ্ঠে যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয় তাকে হল বিভব বলে।

খ ঢাকার বিচ্যুতি 30′E বলতে বোঝায় ঢাকায় মুক্তভাবে স্থাপিত চুম্বক শলাকার উত্তরমেরু ভৌগোলিক মধ্যতলের সাথে 30′ কোণ করে পূর্ব পাশে অবস্থান করে।

গ দেওয়া আছে,

PQ পরিবাহীতে প্রবাহ, $i_1 = 10A$

RS পরিবাহীতে প্রবাহ, $i_2 = 5A$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 6cm = 0.06m$

এবং $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}\text{ TmA}^{-1}$

একক দৈর্ঘ্যে ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

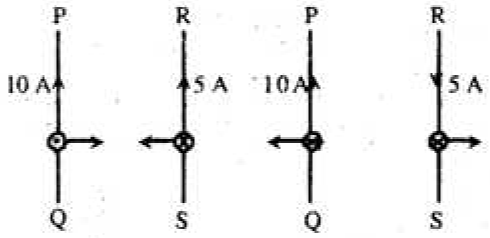
জানা আছে,

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi r}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}\text{ T.m.A}^{-1} \times 10\text{ A} \times 5\text{ A}}{2\pi \times 0.06\text{ m}}$$

$= 1.67 \times 10^{-4}$ N **(Ans.)**

ঘ



চিত্র-১ চিত্র-২

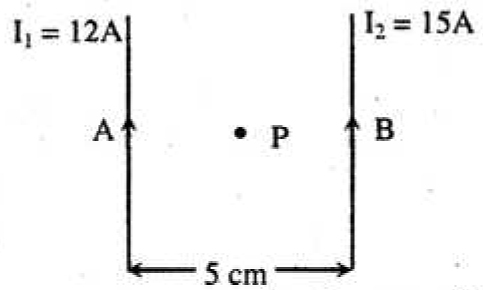
চিত্র-১ এ ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম অনুসারে PQ পরিবাহীতে 10 A তড়িৎ প্রবাহের জন্য RS এর উপর যেকোনো বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব ভিতরের দিকে (× চিহ্ন)। আবার ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম অনুসারে RS এর উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বলের দিক হবে RS এর লম্ব বরাবর PQ এর দিকে।

আবার, RS পরিবাহীতে 5A তড়িৎ প্রবাহের জন্য PQ এর উপর যেকোনো বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব বাইরের দিকে (• চিহ্ন)। ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম অনুসারে PQ এর উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বলের দিক হবে PQ এর লম্ব বরাবর RS এর দিকে। অর্থাৎ PQ ও RS পরস্পরকে আকর্ষণ করবে।

চিত্র-২ এ ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম অনুসারে PQ পরিবাহীতে 10 A তড়িৎ প্রবাহের জন্য RS এর উপর যেকোনো বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব ভিতরের দিকে (× চিহ্ন)। ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম অনুসারে RS এর উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বলের দিক হবে RS এর লম্ব বরাবর PQ এর বিপরীত দিকে।

আবার, RS পরিবাহীতে 5A তড়িৎ প্রবাহের জন্য PQ এর উপর যেকোনো বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব ভিতরের দিকে (× চিহ্ন)। ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম অনুসারে PQ এর উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বলের দিক হবে PQ এর লম্ব বরাবর RS এর বিপরীত দিকে। অর্থাৎ PQ ও RS পরস্পরকে বিকর্ষণ করবে।

প্রশ্ন ▶ ৭



চিত্রে পরস্পরের সমান্তরালে 10m সমদৈর্ঘ্যের প্রবাহবাহী দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী দূরত্ব 5cm। P বিন্দুটি তার দুটির মধ্যবিন্দুতে অবস্থিত। ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} TmA^{-1}$) /কু. বো. ২০১৬/

ক. লরেঞ্জ বল কি? ১

খ. কোনো কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাংক 8H বলতে কী বুঝায়? ২

গ. A-তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্যে চৌম্বক বলের মান কত? ৩

ঘ. B-তারের প্রবাহ বিপরীতমুখী করলে P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্র পরিবর্তিত হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন স্থানে একই সময়ে একটি তড়িৎক্ষেত্র ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল আধান যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ কোন কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাংক 8H বলতে বুঝায়, সেই কুণ্ডলীতে প্রতি সেকেন্ডে তড়িৎ প্রবাহ 1A হারে পরিবর্তিত হলে উক্ত কুণ্ডলীতে 8V তড়িৎ চালক শক্তি আবিষ্ট হয়।

গ ৬(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.2×10^{-4} V।

ঘ এখানে, A-তারে তড়িৎ প্রবাহ, $i_1 = 12A$

B-তারে তড়িৎ প্রবাহ, $i_2 = 15A$

তারদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 5cm = 0.05m$

A তার হতে P বিন্দুর দূরত্ব = B তার হতে P বিন্দুর দূরত্ব, $d = 0.025$ m

A তারের জন্য P বিন্দুর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য,

$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} Wb/mA \times 12A}{2\pi \times 0.025}$$
$$= 9.6 \times 10^{-5}\ Wb/m^2$$

ফ্লেমিং এর ডানহস্ত নিয়মানুযায়ী, B_1 এর দিক কাগজ তলের লম্ব বরাবর ভেতরের দিকে।

আবার,

B তারের জন্য P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের প্রাবল্য,

$$B_2 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} Wb/Am \times 15A}{2\pi \times 0.025\ m}$$
$$= 1.2 \times 10^{-4}\ Wb/m^2$$

ফ্লেমিং এর ডানহস্ত নিয়মানুযায়ী B_2 এর দিক কাগজ তলের লম্ব বরাবর বাইরের দিকে অথবা B_1 এর বিপরীত দিকে।

সুতরাং, P বিন্দুতে লব্ধি চৌম্বক প্রাবল্য, $B = B_2 - B_1$

$$= 1.2 \times 10^{-4}\ Wb/m^2 - 9.6 \times 10^{-5}\ Wb/m^2$$
$$= 2.4 \times 10^{-5}\ Wb/m^2$$

B এর দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব বরাবর বাইরের দিকে।

আবার, B তারের প্রবাহ বিপরীতমুখী করলে ফ্লেমিং এর ডানহস্ত নিয়মানুযায়ী B_2 চৌম্বকক্ষেত্রের দিক পরিবর্তিত হবে এবং তার দিক হবে কাগজ তলের লম্ব বরাবর ভেতরের দিক অর্থাৎ B_1 এর দিকের অনুরূপ।

অতএব, P বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য, $B' = B_1 + B_2$

$$= 1.2 \times 10^{-4}\ Wb/m^2 + 9.6 \times 10^{-5}\ Wb/m^2$$
$$= 2.16 \times 10^{-4}\ Wb/m^2 \neq 2.4 \times 10^{-5}\ Wb/m^2$$

B এর দিক হবে কাগজ তলের সাথে লম্ব বরাবর ভিতরের দিকে

সুতরাং, P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান ও দিক উভয়ই পরিবর্তিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮ পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে একদল শিক্ষার্থী 5 সেন্টিমিটার ব্যাসার্ধ এবং 250 পাকবিশিষ্ট একটি বৃত্তাকার কুন্ডলীর ভিতর দিয়ে 20A তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে এবং কুন্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্র B এর মান নির্ণয় করে। তারপর কুন্ডলীর তারটিকে সোজা করে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ চালিয়ে কয়েলের ব্যাসার্ধের সমান দূরত্বের কোনো বিন্দুতে B এর মান নির্ণয় করে। এমতাবস্থায় প্রবাহ স্থির রেখে পরিবাহীকে 5 Tesla মানের চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলো। /কু. বো. ২০১৫/

ক. অ্যাম্পিয়ারের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রে গতিশীল চার্জের ওপর ক্রিয়াশীল বল কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল? ২

গ. উদ্দীপকে তারটি সোজা করার পরে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপিত অবস্থায় এর ওপর ক্রিয়াশীল বলের মান কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কোন ক্ষেত্রে B এর মান বেশি পাবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শূন্য মাধ্যমে 1m দূরত্বে অবস্থিত অসীম দৈর্ঘ্যের দুটি সরু সমান্তরাল তারের প্রতিটির মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ চললে তারদ্বয়ের মধ্যে প্রতি মিটারে 2×10^{-7}N পরিমাণ বল ক্রিয়া করে তাকে এক অ্যাম্পিয়ার বলে।

খ সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রে গতিশীল চার্জের ওপর ক্রিয়াশীল বল নিম্নোক্ত বিষয়সমূহের ওপর নির্ভরশীল—

i. চার্জের পরিমান (q)

ii. চৌম্বক ক্ষেত্রের মান (B)

iii. চার্জের বেগ (v)

iv. চৌম্বক ক্ষেত্র ও চার্জের গতির দিকের মধ্যবর্তী কোণ (θ)

গ এখানে কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ, $r = 5cm = 0.05m$

পাকসংখ্যা, $n = 250$

তারের দৈর্ঘ্য, $l = 2\pi r \times n = 2 \times 3.1416 \times 0.05m \times 250$
$= 78.54m$

প্রবাহের মান, $I = 20A$

চৌম্বক ক্ষেত্রের মান, $B = 5T$

$\vec{l}$ এবং $\vec{B}$ এর মধ্যকার কোণ, $\theta = 90°$

বের করতে হবে, সোজা তারের ওপর ক্রিয়াশীল বলের মান, F = ?

আমরা জানি, $F = IBl \sin\theta$

$$= 20A \times 5T \times 78.54m \times \sin 90°$$
$$= 7854N\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ প্রথম ক্ষেত্রে,

কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ, $r = 0.05m$

পাকসংখ্যা, $n = 250$

তড়িৎপ্রবাহের মান, $I = 20A$

কুন্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান,

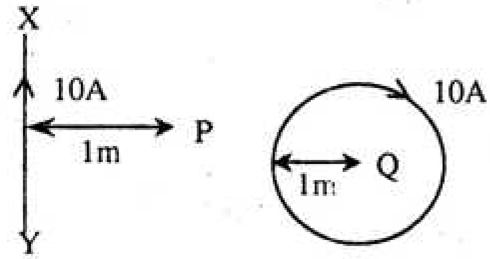
$$B = \frac{\mu_0 nI}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7}\ TmA^{-1} \times 250 \times 20A}{2 \times 0.05m}$$
$$= 0.06283T$$

লম্বা সোজা তার হতে $r = 0.05m$ দূরত্বে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান,

$$B' = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7}\ TmA^{-1} \times 20A}{2 \times 3.14 \times 0.05m}$$
$$= 8 \times 10^{-5}T << 0.06283T\ (=B)$$

সুতরাং প্রথম ক্ষেত্রে (কুন্ডলী) B এর মান বেশি পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৯



/চ. বো. ২০১৭/

ক. হল ক্রিয়া কী? ১

খ. ঢাকার বিনতি 31°N বলতে কী বোঝায়? ২

গ. XY তারের দরুন P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বের কর। ৩

ঘ. "P ও Q বিন্দুর যে কোনো একটি বিন্দুর চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বেশি হবে।"— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পাত আকারের তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলে তড়িৎ প্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর দুই বিপরীত পৃষ্ঠে কিছু বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হওয়ার ঘটনাকে হল ক্রিয়া বলে।

খ ঢাকার বিনতি 31° N বলতে বুঝায় ঢাকায় চৌম্বক মধ্যতলে ভারকেন্দ্রগামী অনুভূমিক অক্ষের সাপেক্ষে উলম্বতলে মুক্তভাবে ঘূর্ণনক্ষম চুম্বক শলাকার উত্তর মেরু 31° কোণে নত হয়।

গ দেওয়া আছে,

তড়িৎ প্রবাহ, $i = 10A$

P বিন্দুর দূরত্ব, $a = 1m$

P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান, $B = ?$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T.m.A^{-1}

আমরা জানি,অসীম দৈর্ঘ্যের প্রবাহীর থেকে a দূরত্বে অবস্থিত কোন বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান,

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi a}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}\ \text{T.m.A}^{-1} \times 10\ \text{A}}{2\pi \times 1\text{m}}$$

$$= 2 \times 10^{-6}\ \text{T}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ থেকে পাই, P বিন্দুর চৌম্বকক্ষেত্রের মান 2×10^{-6}Tউদ্দীপক থেকে পাই,

Q বিন্দুর দূরত্ব, $r = 1m$

কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ, $i = 10$ A

আমরা জানি, বৃত্তাকার কেন্দ্রে অর্থাৎ Q বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান,

$$B' = \frac{\mu_0 i}{2r}$$

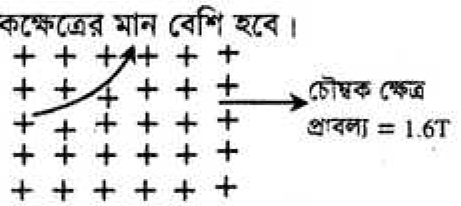
$$\text{বা, } B' = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2}$$

$$= 6.28 \times 10^{-6}\text{T}$$

অর্থাৎ, $B' > B$

অতএব, Q বিন্দুর চৌম্বকক্ষেত্রের মান বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ১০



ইলেকট্রনের ভর = 9.1×10^{-31}kg

চিত্রে 6.7×10^{-27}kg ভর এবং 3.2×10^{-19}C চার্জবিশিষ্ট একটি কণা একটি সুষম চৌমকক্ষেত্রে 2.5×10^8ms^{-1} বেগে প্রবেশ করে।

/সি. বো. ২০১৭/

ক. স্বকীয় আবেশ কী? ১

খ. ডায়াচৌম্বক পদার্থে চৌম্বক মোমেন্ট থাকে না কেন? ২

গ. কণাটির উপর কত বল ক্রিয়াশীল হবে? ৩

ঘ. পরবর্তীতে একটি ইলেকট্রন একই চৌম্বকক্ষেত্রে একই বেগে প্রবেশ করলে প্রথম কণাটির এবং ইলেকট্রনটির গতিপথের ব্যাসার্ধ কি একই হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তনের ফলে ঐ কুণ্ডলীতে যে তাড়িতচৌম্বক আবেশ ঘটে তাকে স্বকীয় আবেশ বলে।

খ ডায়াচৌম্বক পদার্থের অণুস্থ বিভিন্ন ইলেকট্রনের কক্ষীয় ও স্পিন গতির জন্য সৃষ্ট চৌম্বক ভ্রামকের ভেক্টর যোগফল শূন্য হয়। তাই এ সব পদার্থের প্রত্যেকটি অণুর চৌম্বক দ্বিমেরু ভ্রামক শূন্য। ফলে ডায়াচৌম্বক পদার্থে কোনো চৌম্বক মোমেন্ট থাকে না।

গ দেওয়া আছে,

কণাটির চার্জ, $q = 3.2 \times 10^{-19}$ C

কণাটির বেগ, $v = 2.5 \times 10^8$ ms^{-1}

চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য, B = 1.6 Tবের করতে হবে, কণাটির উপর ক্রিয়ারত বল, F = ?

আমরা জানি,

$$F = qvB\sin\theta$$

$$= (3.2 \times 10^{-19}) \times (2.5 \times 10^8) \times (1.6) \times \sin(90°)$$

$$= 1.28 \times 10^{-10}\ \text{N}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

প্রথম কণাটির ক্ষেত্রে,

চার্জ, $q = 3.2 \times 10^{-19}$Cবেগ, $v = 2.5 \times 10^8$ ms^{-1}

প্রাবল্য, B = 1.6 T

ভর, $m = 6.7 \times 10^{-27}$ kg

গতিপথের ব্যাসার্ধ r_1 হলে,

$$qvB = \frac{mv^2}{r_1}$$

$$\text{বা, } r_1 = \frac{mv}{qB}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-27} \times 2.5 \times 10^8\ \text{m}}{3.2 \times 10^{-19} \times 1.6}$$

$$= 3.27\ \text{m}$$

ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে,

চার্জ, $q = 1.6 \times 10^{-19}$C

ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

গতিপথের ব্যাসার্ধ r_2 হলে,

$$r_2 = \frac{mv}{qB}$$

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 2.5 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6}\ \text{m}$$

$$= 8.8 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

অর্থাৎ, $r_1 > r_2$

অতএব, পরবর্তীতে একটি ইলেকট্রন একই চৌম্বকক্ষেত্রে একই বেগে প্রবেশ করলে প্রথম কণার গতিপথের ব্যাসার্ধ r_1 ইলেকট্রনের গতিপথের ব্যাসার্ধ r_2 থেকে বড় হবে।

প্রশ্ন ▶ ১১ 2m লম্বা সোজা তারের মধ্য দিয়ে 4A তড়িৎ প্রবাহিত করলে তার হতে 0.16m দূরে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান তারটি বৃত্তাকার করলে কেন্দ্রে উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্রের চেয়ে কম। আবার তারটি পেঁচিয়ে 10 পাকের কুণ্ডলী তৈরি করলে কেন্দ্রে যে চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি হয় তা এক পাকের ক্ষেত্রের 100 গুণ।

/সি. বো., ব. বো. ২০১৬/

ক. পারস্পরিক আবেশ কাকে বলে? ১

খ. কোনো পরিবাহীর পরিবাহিতা 0.2 সিমেন্স বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের তারটি হতে 0.16m দূরে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বক্তব্যের সঠিকতা যাচাই কর। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন একটি কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তন করলে নিকটবর্তী অন্য একটি কুণ্ডলীতে যে তাড়িৎ চৌম্বক আবেশ সৃষ্টি হয় তাকে পারস্পরিক আবেশ বলে।

খ কোন পরিবাহকের পরিবাহীতা 0.2 সিমেন্স বলতে বোঝায় যে, ঐ পরিবাহকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 1V হলে তার মধ্য দিয়ে 0.2A তড়িৎ প্রবাহ চলে। সিমেন্স পরিবাহীতার একক যা রোধের একক ওহম এর বিপরীত রাশি।

গ ৯(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5×10^{-6} T।

ঘ সোজা তারের জন্য চৌম্বকক্ষেত্র, $B = 5 \times 10^{-6}T$

এখন তারটিকে পেঁচিয়ে এক পাকের বৃত্তাকার কুন্ডলীতে পরিণত করলে,

$2\pi r_1 = 2$

বা, $r_1 = \frac{1}{\pi} = 0.318m$

এবং $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ TmA^{-1}$

$I = 4A$

∴ এক পাকের বৃত্তাকার কুন্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্র,

$$B' = \frac{\mu_0 I}{2r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2 \times 0.318} = 7.89 \times 10^{-6}T$$

যা সোজা তারের চৌম্বকক্ষেত্রের চেয়ে বেশি অর্থাৎ $B' > B$

আবার, পেচিয়ে $N = 10$ পাকের কুন্ডলী তৈরি করলে

$2\pi r_2 \times N = 2$

বা, $r_2 = \frac{1}{N\pi} = \frac{r_1}{N}$

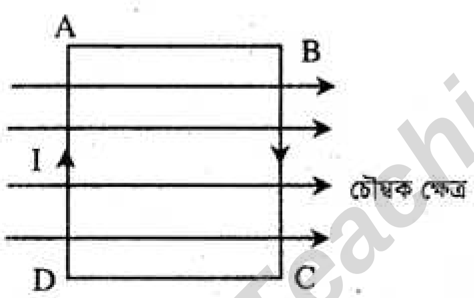
∴ বর্তমানে কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্র, $B'' = \frac{\mu_0 NI}{2r_2}$

$$\frac{B''}{B'} = \frac{\mu_0 NI}{2r_2} \times \frac{2r_1}{\mu_0 I} = \frac{Nr_1}{r_2} = \frac{Nr_1}{\frac{r_1}{N}} = N^2 = 10^2 = 100$$

∴ $B'' = 100\ B'$

সুতরাং উদ্দীপকের বক্তব্য সঠিক।

প্রশ্ন ▶১২



চিত্রে ABCD একটি আয়তাকার কুন্ডলী। এর পাকসংখ্যা = 100। প্রযুক্ত চৌম্বকক্ষেত্র = $1.5 \times 10^{-2}T$

দৈর্ঘ্য = 15cm

প্রস্থ = 10cm এবং

প্রবাহ = 1A *[য. বো. ২০১৭]*

ক. বায়োট-স্যাভার্ট এর সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. ট্রান্সফরমার AC তে চলে কিন্তু DC তে চলে না—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কুন্ডলীটির চৌম্বক ভ্রামক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কুন্ডলীটিকে বৃত্তাকার করা হলে টর্কের কিরূপ পরিবর্তন হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট মাধ্যমে কোনো পরিবাহীর ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে এর আশ-পাশের কোনো বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের মান পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক, পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের সমানুপাতিক, পরিবাহীর মধ্যবিন্দু ও ঐ বিন্দুর সংযোজক সরলরেখা পরিবাহীর মধ্যবিন্দুতে স্পর্শকের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার sine এর সমানুপাতিক এবং পরিবাহীর মধ্যবিন্দু হতে ঐ বিন্দুর দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

খ ট্রান্সফর্মার কখনো DC লাইনে ব্যবহার করা যায় না, কারণ DC তে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন হয় না ফলে তাড়িতচৌম্বক আবেশ ঘটে না। তাই প্রাইমারী কুন্ডলীতে যে পরিমাণ ভোল্টেজই প্রয়োগ করা হোক না কেন সেকেন্ডারী কুন্ডলীতে আউটপুট শূন্য হয়। কিন্তু AC লাইনে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন হয় ফলে তাড়িতচৌম্বক আবেশ ঘটে।

তাই ট্রান্সফর্মার AC তে চলে কিন্তু DC তে চলে না।

গ দেওয়া আছে,

দৈর্ঘ্য, $l = 15$ cm
$= 15 \times 10^{-2}$ m
$= 0.15$ m

প্রস্থ, $b = 10$ cm
$= 10 \times 10^{-2}$ m
$= 0.1$m

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 1A$

পাকসংখ্যা, $N = 100$

ক্ষেত্রফল, $A = 0.15 \times 0.1m^2 = 0.015m^2$

আমরা জানি,

চৌম্বক ভ্রামক, $M = NIA$

বা, $M = 100 \times 1 \times 0.015\ Am^2$

$= 1.5\ Am^2$ **(Ans.)**

ঘ আয়তাকার কুন্ডলীটিকে বৃত্তাকার কুন্ডলীতে পরিণত করা হলে যদি বৃত্তাকার কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধ r হয়, তবে

$2\pi r = 2\ (l + b)$

বা, $r = \frac{l+b}{\pi}$

$$\therefore \text{ক্ষেত্রফল, } A' = \pi r^2 = \pi \times \frac{(l+b)^2}{\pi^2} = \frac{(l+b)^2}{\pi} = \frac{(0.15+0.1)^2}{3.1416}$$

$= 0.199\ m^2$

চৌম্বকক্ষেত্র, $B = 1.5 \times 10^{-2}$ T

আয়তাকার কুন্ডলীর ক্ষেত্রে টর্ক, $\tau = NIAB$

বা, $\tau = 100 \times 1 \times 0.015 \times 1.5 \times 10^{-2}$ N·m

∴ $\tau = 0.0225$ N·m

বৃত্তাকার কুণ্ডলীর ক্ষেত্রে টর্কের মান, $\tau' = NA'IB$

$= 100 \times 1 \times 0.0199 \times 1.5 \times 10^{-2}$ N·m

$= 0.02985$ N·m

অর্থাৎ, বৃত্তাকার কুন্ডলীতে পরিবর্তন করায় টর্কের মান বৃদ্ধি পাবে $(0.02985 - 0.0225)$ N·m $= 0.00735$ N·m।

প্রশ্ন ▶১৩ একজন বিজ্ঞানমনস্ক ছাত্র 3 cm দৈর্ঘ্য ও 2 cm প্রস্থবিশিষ্ট একটি আয়তাকার কুণ্ডলীকে $1.5 \times 10^3\ Am^{-1}$ চৌম্বক ক্ষেত্রের তলের সমকোণে স্থাপন করল। তারপর কুণ্ডলীর ভিতর দিয়ে 2 amp তড়িৎ প্রবাহিত করে দেখল যে, কুণ্ডলীটি চৌম্বক ক্ষেত্র হতে 30° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়েছে। *[য. বো. ২০১৬]*

ক. কুরী বিন্দু কী? ১

খ. ডায়াচৌম্বক পদার্থ চৌম্বক পদার্থ হওয়া সত্ত্বেও চুম্বক দ্বারা বিকর্ষিত হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত কুণ্ডলীটির উপর ক্রিয়াশীল টর্কের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কুণ্ডলীটি যদি চৌম্বকক্ষেত্রের তলের সাথে 90° কোণে বিক্ষিপ্ত হয় তবে কৃত কাজের হিসাব বের করা সম্ভব কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে থাকলে যে তাপমাত্রায় কোনো ফেরো-চৌম্বক পদার্থ প্যারাচৌম্বক পদার্থে পরিণত হয় তাকে ঐ ফেরোচৌম্বক পদার্থের কুরীবিন্দু বলে।

খ কৌণিক বেগের পরিবর্তনের কারণে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কক্ষীয় চৌম্বক মোমেন্টও পরিবর্তিত হয়। কৌণিক বেগ হ্রাস পেলে চৌম্বক মোমেন্টের মান হ্রাস পায়, আর বেগ বৃদ্ধি হলে মোমেন্টের মান বাড়ে।

সুতরাং, দেখা যাচ্ছে যে ডায়াচৌম্বক পদার্থের উপর চৌম্বকক্ষেত্র $\vec{B}$ প্রয়োগ করলে একটি চৌম্বক মোমেন্ট আবিষ্ট হয় এবং এর অভিমুখ বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্র $\vec{B}$ এর বিপরীত, ফলে বিকর্ষণ হয়। তাই ডায়াচৌম্বক পদার্থ চৌম্বক পদার্থ হওয়া সত্ত্বেও চুম্বক দ্বারা বিকর্ষিত হয়।

গ এখানে,

কুণ্ডলীর দৈর্ঘ্য, $L = 3\text{ cm} = 3 \times 10^{-2}\text{m}$

কুণ্ডলীর প্রস্থ, $b = 2\text{ cm} = 2 \times 10^{-2}\text{m}$

কুণ্ডলীর ক্ষেত্রফল, $A = Lb$

$= (3 \times 10^{-2}\text{m}) \times (2 \times 10^{-2}\text{m})$

$= 6 \times 10^{-4}\text{m}^2$

কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা, $N = 1$

প্রবাহ, $I = 2A$

চৌম্বকক্ষেত্র, $B = 1.5 \times 10^3\text{ Am}^{-1}$

কুণ্ডলীতল চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্ব হলে, তল ভেক্টর চৌম্বক ক্ষেত্রের সমান্তরাল হয়, সেক্ষেত্রে $\theta = 0°$ হবে

ক্রিয়াশীল টর্ক, $\tau = ?$

আমরা জানি,

$\tau = NIAB \sin\theta$

$= 1 \times (2A) \times (6 \times 10^{-4}\text{m}^2) \times (1.5 \times 10^3\text{ Am}^{-1}) \times (\sin 0°)$

$\therefore \tau = 0$ **(Ans.)**

ঘ যেহেতু কুণ্ডলীর উপর প্রাথমিক টর্ক শূন্য, সেহেতু কুণ্ডলীটি বিক্ষিপ্ত করতে হলে প্রাথমিকভাবে একে হালকা ঘুরিয়ে দিতে হবে অর্থাৎ বাইরে থেকে একটি প্রাথমিক ঘূর্ণন সৃষ্টি করতে হবে।

এখানে, কুণ্ডলীর ক্ষেত্রফল, $A = 6 \times 10^{-4}\text{m}^2$

কুণ্ডলীটি চৌম্বকক্ষেত্রের তলের সাথে 90° কোণে বিক্ষিপ্ত হলে কৃত কাজ হবে,

$$W = \int_0^{\pi/2} \tau\, d\theta$$

$$= \int_0^{\pi/2} NIAB \sin\theta\, d\theta$$

$$= NIAB \int_0^{\pi/2} \sin\theta . d\theta$$

$$= NIAB\,[-\cos\theta]_0^{\pi/2}$$

$$= NIAB\,[-\cos \pi/2 + \cos 0]$$

$$= NIAB\,[0 + 1]$$

$$= NIAB$$

$$= 1 \times 2 \times 6 \times 10^{-4} \times 1.5 \times 10^3$$

$$= 1.8\text{ J}$$

$\therefore$ 1.8 J কাজ করতে হবে। **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶১৪ 0.001m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একখন্ড ইস্পাতকে চুম্বকায়ন করার জন্য একটি চুম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করা হলো। চৌম্বক প্রাবল্যের মান যত বৃদ্ধি করা হয় চুম্বকায়নের মাত্রা তত বৃদ্ধি পায়। কিন্তু চুম্বকায়ন মাত্রা একটি সম্পৃক্ত মানে পৌছার পর চৌম্বক প্রাবল্যের বৃদ্ধির সাথে চুম্বকায়ন মাত্রা আর বৃদ্ধি পায় না। অবশেষে ইস্পাত খন্ডটি 1 Am মেরুশক্তির একখন্ড চুম্বকে পরিণত হলো। /ব. বো. ২০১৬/

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. তুল্যরোধ এবং তুল্য ধারকত্বের মধ্যে পার্থক্য লিখ। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ইস্পাত খন্ডকে চুম্বকে পরিণত করার ফলে উহার চুম্বকায়ন মাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চুম্বকায়ন মাত্রা বনাম চৌম্বক প্রাবল্যের লেখ অঙ্কনপূর্বক চৌম্বক সম্পৃক্তি ব্যাখ্যা কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটার বা অ্যামিটারের মতো অত্যন্ত সুবেদী যন্ত্রগুলোর মধ্য দিয়ে যাতে অধিক পরিমাণ তড়িৎ না যেতে পারে তার জন্য একটি নিম্নমানের রোধ যন্ত্রটির সাথে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হয়। একে সান্ট বলে।

খ তুল্যরোধ এবং তুল্য ধারকত্বের পার্থক্য নিম্নরূপ:

তুল্যরোধ	তুল্য ধারকত্ব
i. রোধের কোনো সমবায়ের রোধগুলোর পরিবর্তে যে একটি মাত্র রোধ ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহ ও বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হয় না, তাই ঐ সমবায়ের তুল্য রোধ।	i. ধারকের সমবায়ের পরিবর্তে যে একটি মাত্র ধারক ব্যবহার করলে সমবায়ের বিভব পার্থক্য ও আধানের পরিবর্তন হয় না, তাই সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব।
ii. শ্রেণি সমবায়ে সজ্জিত সকল রোধের সমষ্টি তুল্যরোধের সমান।	ii. শ্রেণি সমবায়ের তুল্যধারকত্বের বিপরীত রাশি ধারকগুলোর ধারকত্বের বিপরীত রাশির সমষ্টির সমান।
iii. সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত প্রতিটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্য রোধের বিপরীত রাশির সমান।	iii. সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব ধারকগুলোর ধারকত্বের সমষ্টির সমান।

গ মনে করি, ইস্পাতের দন্ডের দৈর্ঘ্য l

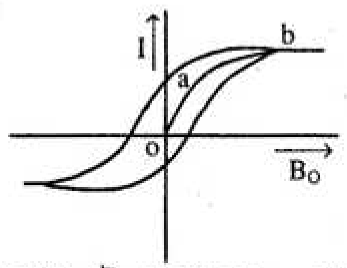
তাহলে এর আয়তন, $V = 0.001\text{m}^2 \times l$

এবং চৌম্বক ভ্রামক, M = মেরুশক্তি × চৌম্বক দৈর্ঘ্য

$= 1\text{Am} \times l \times 0.85$

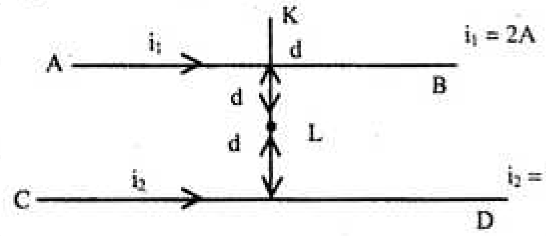
$\therefore$ চুম্বকায়ন মাত্রা, $I = \frac{M}{V} = \frac{1\text{ Am} \times l \times 0.85}{0.001\text{m}^2 \times l} = 850\text{ A/m}$ **(Ans.)**

ঘ



চুম্বকায়ন মাত্রা I এর মান চৌম্বক প্রাবল্য B_0 এর ওপর নির্ভর করে। চৌম্বক প্রাবল্যের B_0 মান চক্রাকারে পরিবর্তন করলে চুম্বকায়ন মাত্রায় (I) যে পরিবর্তন হবে তা লেখচিত্রের ন্যায় হবে। এই লেখচিত্রে B_0 কে X অক্ষে এবং I কে Y অক্ষে স্থাপন করা হয়েছে। B_0 এর মান শূন্য থেকে ক্রমাগত বৃদ্ধি করলে চুম্বকায়ন মাত্রা I এর মান বৃদ্ধি পায়। চিত্রে oab রেখার সাহায্যে এটি দেখানো হয়েছে। I এর মান b বিন্দুতে উপনীত হওয়ার পর B_0 এর মান বৃদ্ধিতে এর মান বৃদ্ধি পায় না। এই অবস্থায় চুম্বকন মাত্রা সম্পৃক্ত মানে পৌছায়। এটিই চৌম্বক সম্পৃক্তি।

প্রশ্ন ▶১৫ চিত্রে i_1 প্রবাহের জন্য K বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান $8\text{NA}^{-1}\text{m}^{-1}$।



/ব. বো. ২০১৭/

ক. Lorentz বল কী? ১

খ. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সমবর্তন হয় না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. AB পরিবাহী তার হতে K বিন্দুর দূরত্ব d নির্ণয় কর। ৩

ঘ. i_1 প্রবাহের দিক বিপরীত করলে L বিন্দুতে লব্ধি চৌম্বক ক্ষেত্রের মান ও দিক কীরূপ হবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে একই সময়ে তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল চার্জের ওপর যে লব্ধি বল ক্রিয়া করে তাই Lorentz বল।

খ আমরা জানি, অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সংকোচন প্রসারণের মাধ্যমে সঞ্চালিত হয়। বিভিন্ন দিকে বা তলে কম্পনরত তরঙ্গকে একটি দিকে বা তলে সীমাবদ্ধ করাকে তরঙ্গের সমবর্তন বলে। অনুপ্রস্থ তরঙ্গের ক্ষেত্রে এইরূপ বিভিন্ন তলে কম্পনরত অর্থাৎ অসমবর্তিত তরঙ্গকে বিশেষ কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরিত করে সমবর্তিত করা সম্ভব। কিন্তু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের ক্ষেত্রে এর কম্পন বিভিন্ন তলে হয় না ফলে এদের কম্পন এক তলে আনা অর্থাৎ সমবর্তিত করার প্রশ্নই উঠে না। এ জন্য একটি স্প্রিংকে দুটি চিরের মধ্য দিয়ে অনুভূমিকভাবে স্থাপন করে এর এক প্রান্ত সামনে-পিছে স্পন্দিত করে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সৃষ্টি করা হলে চিরদ্বয়ের সব অবস্থানের জন্য এ তরঙ্গ উভয় চিরকে অতিক্রম করবে। সুতরাং, বলা যায় অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সমবর্তন সম্ভব নয়।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5×10^{-8} m

ঘ এখানে, $i_1 = 2A$

$i_2 = 3A$

প্রত্যেক তার হতে L বিন্দুর দূরত্ব, $d = 5 \times 10^{-8}$m

$\therefore$ BA বরাবর i_1 প্রবাহের দরুন L বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র,

$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 5 \times 10^{-8}} T = 8T,$$

B_1 এর দিক কাগজ তলের লম্ব বরাবর বাইরের দিকে।

CD বরাবর i_2 প্রবাহের দরুন L বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র

$$B_2 = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3}{2\pi \times 5 \times 10^{-8}} = 12T$$

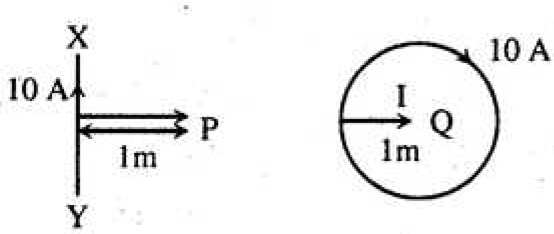
B_2 এর দিক কাগজতলের লম্ব বরাবর বাইরের দিকে।

অতএব, L বিন্দুতে সৃষ্ট মোট চৌম্বকক্ষেত্র, $B_1 + B_2$

বা, $B = B_1 + B_2 = (8 + 12)T = 20T$।

এই চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক কাগজ তলের লম্ব বরাবর বাইরের দিকে। **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶ ১৬



নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল]

ক. হল ক্রিয়া কী? ১

খ. ঢাকার বিনতি 31°N বলতে কী বোঝায়? ২

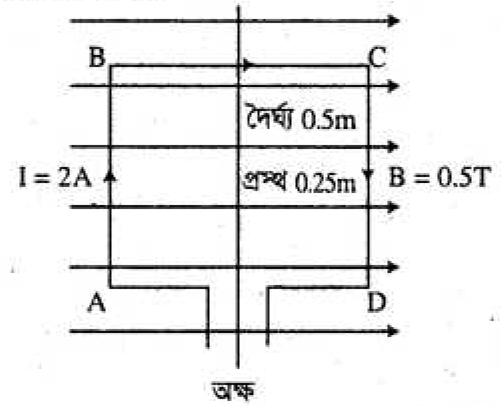
গ. P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P ও Q এর মধ্যে কোন বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বেশি হবে— বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

৯ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ১৭ একটি আয়তকার তার কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে I = 2A তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে এবং কুন্ডলীটি B = 0.5T চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্বের চৌম্বক ক্ষেত্রে বসানো আছে। কুন্ডলীর তল চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমান্তরাল। কুন্ডলীর দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ যথাক্রমে 0.5m ও 0.25m. ব্যবস্থাটি নিচের চিত্রে দেখানো হলো:



[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. লরেঞ্জ বল কাকে বলে? ১

খ. 220V A.C কেন 220V D.C এর চেয়ে বেশি বিপদজনক? ২

গ. AB ও CD বাহুতে কী পরিমাণ বল কাজ করে দিকসহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কুন্ডলীটি চৌম্বকক্ষেত্র তলের সাথে 30° কোণ করলে যে টর্ক সৃষ্টি হয় তা সর্বোচ্চ টর্কের অর্ধেক— উক্তিটির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে একই সময়ে একটি তড়িৎক্ষেত্র ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল আধান যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ 220V D.C. অপেক্ষা 220V A.C. বেশি বিপদজনক কারণ 220V ডি.সি তে শক পেলে তা 220V দ্বারাই হবে। কিন্তু A.C. এর r.m.s মান 220V হলে এর শীর্ষ মান হবে $220 \times \sqrt{2} = 311V$ প্রায়। এ কারণে আপাত মান একই হলেও 220V A.C. বেশি বিপদজনক।

গ দেওয়া আছে,

প্রবাহমাত্রা, $I = 2A$

চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব, $B = 0.5T$

AB বা CD বাহুর দৈর্ঘ্য, $l = 0.5m$

দৈর্ঘ্য ভেক্টর ($\vec{l}$) এবং চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব ($\vec{B}$) ভেক্টরের মধ্যকার কোণ, $\theta = 90°$

বের করতে হবে, ক্রিয়াশীল বল, F = ?

আমরা জানি, এরূপ ক্ষেত্রে, $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$

$$\therefore F = |\vec{F}| = IlB\sin\theta = 2A \times 0.5m \times 0.5T\sin 90° = 0.5 \text{ N}$$

ফ্লেমিং-এর ডানহস্তী নিয়ম ব্যবহার করে পাই, AB এর ওপর বলের দিক হবে খাড়া নিচের দিকে এবং CD এর ওপর বলের দিক হবে খাড়া ওপর দিকে।

ঘ আমরা জানি, N পাকবিশিষ্ট কুন্ডলীতে I মানের তড়িৎ প্রবাহিত হলে যদি কুন্ডলীর তল ভেক্টর $\vec{A}$ এবং এটি চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখা আছে তার চৌম্বক আবেশ ক্ষেত্র ভেক্টর $\vec{B}$ হয় তবে কুন্ডলীর ওপর প্রযুক্ত টর্ক, $\vec{T} = NI\vec{A} \times \vec{B}$

এখানে, পাকসংখ্যা N = 1 এবং তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, I = 2A

তল ভেক্টরের মান, $A = |\vec{A}| =$ দৈর্ঘ্য × প্রস্থ $= 0.5m \times 0.25m = 0.125 \text{ m}^2$

চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব, $B = 0.5T$
B এর মান সর্বোচ্চ হবে যদি $\theta = \pm 90°$ হয়, অর্থাৎ
তল ভেক্টর ($\vec{A}$) এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের ($\vec{B}$) মধ্যকার কোণ যখন 90° হয়। উদ্দীপকের চিত্রে, কুন্ডলীর তল চৌম্বকক্ষেত্রের দিকের সাথে সমান্তরাল। যেহেতু তল ভেক্টরের দিক হয় তলের লম্ব বরাবর, তাই উদ্দীপকের চিত্রানুযায়ী $\theta = 90°$ এবং এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ পরিমাণ টর্ক সৃষ্টি হবে। উক্ত টর্কের মান $= 1 \times 2 \times 0.125 \times 0.5 \times 1$
$= 0.125$ Nm

কুন্ডলীটি চৌম্বকক্ষেত্র তলের সাথে 30° কোণ করলে তল ভেক্টর ($\vec{A}$) ও চৌম্বক আবেশ ঘনত্ব ভেক্টর ($\vec{B}$) এর মধ্যকার কোণ হয় $= 90° - 30°$
$= 60°$
সেক্ষেত্রে টর্কের মান $= 1 \times 2 \times 0.125 \times 0.5 \times \sin 60°$
$= 0.10825$ Nm
লক্ষ করি, $0.10825 \text{ Nm} \neq \frac{1}{2} \times 0.125 \text{ Nm}$
সুতরাং, কুন্ডলীটি চৌম্বক ক্ষেত্র তলের সাথে 30° কোণ করলে যে টর্ক সৃষ্টি হয় তা সর্বোচ্চ টর্কের অর্ধেক —উক্তিটি যথার্থ নয়।

প্রশ্ন ▶ ১৮ একটি সোজা 1 মিটার তারের মধ্যে দিয়ে 5A তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। *[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]*

ক. এক ইলেকট্রন ভোল্ট কী? ১
খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য —ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তারটির 5 cm দূরে চৌম্বক ক্ষেত্র B নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি তারটিকে এক পাকের একটি বৃত্তাকার কুন্ডলীতে পরিবর্তন করা হয় তাহলে এর কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্র B এর পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে নির্ণয় করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

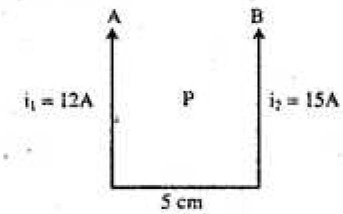
ক একটি ইলেকট্রনকে এক ভোল্ট বিভব পার্থক্য অতিক্রম করতে যে কাজ করতে হয় তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ এখানে, তড়িৎবাহী তারের দৈর্ঘ্য, $l = 1m$
তড়িৎ প্রবাহ, $I = 5A$
শূন্যস্থানের চৌম্বক প্রবেশ্যতা, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ TmA^{-1}
তার হতে বিন্দুর দূরত্ব, $a = 5cm = 0.05m$
চৌম্বকক্ষেত্রের মান, B = ?
আমরা জানি,
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$
$$\therefore B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2 \times \pi \times 0.05} = 2 \times 10^{-5} \text{ T } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ এখানে,
সোজা তারের দৈর্ঘ্য, $l = 1m$
তড়িৎ প্রবাহ, $I = 5A$
শূন্যস্থানের চৌম্বক প্রবেশ্যতা, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ TmA^{-1}
সোজা তার হতে 0.05m দূরত্বে চৌম্বকক্ষেত্রের মান $B = 2 \times 10^{-5}$T
মনে করি, তারটিকে পেচিয়ে বৃত্তাকার করলে এর ব্যাসার্ধ r এবং কেন্দ্রে চৌম্বকক্ষেত্রের মান B'।
প্রশ্নমতে, $2\pi r = l$
$$\therefore r = \frac{l}{2\pi} = \frac{1}{2 \times 3.14} = 0.16 \text{ m}$$
আমরা জানি,
$$B' = \frac{\mu_0 I}{2r}$$
$$\text{বা, } B' = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2 \times 0.16}$$
$$\therefore B' = 1.96 \times 10^{-5}\text{T} \neq 2 \times 10^{-5}\text{T}$$
সুতরাং তারটিকে পেঁচিয়ে বৃত্তাকার করা হলে কেন্দ্রে আবিষ্ট চৌম্বককেন্দ্রের মান পরিবর্তিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৯



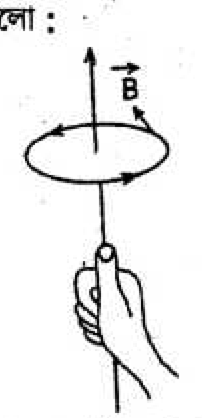
[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

ক. টেসলা কী? ১
খ. তারের ভিতর বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের দিক ব্যাখ্যা কর। ২
গ. A তারটির প্রতি একক দৈর্ঘ্যে চৌম্বক বল বের কর? ৩
ঘ. যদি B তারটির প্রবাহের দিক বিপরীত করা হয় তাহলে চৌম্বক বলের কোনো পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক টেসলা হলো চৌম্বক আবেশের এস.আই. একক। যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ তারের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের দিক ফ্লেমিং এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম দ্বারা বের করা যায়। এই নিয়ম অনুযায়ী ডান হাতের বুড়ো আঙুল প্রসারিত করে অন্য আঙুলগুলো মুষ্টিবদ্ধ করলে বৃদ্ধাঙ্গুলি যদি তড়িৎ প্রবাহের দিক নির্দেশ করে, তবে মুষ্টিবদ্ধ অন্যান্য আঙ্গুলের মাথা দ্বারা চৌম্বকক্ষেত্রের দিক নির্দেশিত হয়। নিচে চিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো :



চিত্র থেকে প্রতীয়মান হয় যে, তড়িৎ প্রবাহ যদি কাগজ তলের লম্ব বরাবর নিচ থেকে উপর দিকে হয়, তবে চৌম্বকক্ষেত্র রেখাগুলোর দিক হবে ঘড়ি বিসমাবর্তী। আর যদি প্রবাহ কাগজ তলের উপর থেকে নিচের দিকে হয়, তবে চৌম্বক বলরেখাগুলো হবে ঘড়ি সমাবর্তী।

গ ৭ (গ) নং সজৃনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৭ (ঘ) নং সজৃনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২০ তুষার ক্লাস XII-এর একজন ছাত্র। সে 5m দৈর্ঘ্যের একটি তড়িৎবাহী তার নিল। সে তারের মধ্যদিয়ে 5amp তড়িৎ প্রবাহের জন্য তার হতে 5cm দূরে চুম্বকীয় আবেশ বের করার চেষ্টা করল। তারটি বায়ু মাধ্যমে রাখা হয়েছিল। *[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]*

ক. টেসলা কী? ১

খ. গ্যালভানোমিটারকে কিভাবে অ্যামিটার হিসাবে ব্যবহার করা যায়? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে, তুষার কী পরিমাণ মান পাবে? বের করো। ৩

ঘ. তারটিকে যদি বৃত্তাকার কুন্ডলী করা হয় তাহলে বৃত্তের কেন্দ্রে চুম্বকীয় আবেশের কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক টেসলা হলো চৌম্বক আবেশের এস.আই একক। যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ গ্যালভানোমিটার খুবই সুবেদী হওয়ায় অল্প তড়িৎ প্রবাহেই এটি পুড়ে যায়। তাই একে অ্যামিটার হিসেবে ব্যবহার করতে চাইলে এর সাথে সমান্তরালে একটি রোধ তথা সান্ট ব্যবহার করা হয়। যেহেতু সান্টের রোধ খুবই কম তাই বর্তনীর তুল্যরোধের কোনো পরিবর্তন হয় না এবং মূল তড়িৎপ্রবাহ দুইভাগ হয়ে যাওয়ায় গ্যালভানোমিটারও পুড়ে যাওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়। পরবর্তীতে $I = \frac{G+S}{S} I_g$ সূত্র ব্যবহার করে তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় করা যায়। এখানে, G ও S যথাক্রমে গ্যালভানোমিটার ও সান্টের রোধ এবং I_g = গ্যালভানোমিটারে তড়িৎপ্রবাহ।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : $20\ \mu T$।

ঘ ১১ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : পূর্বের আবেশের $\frac{1}{5}$ গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ২১ একটি লম্বা পরিবাহী তারের মধ্যদিয়ে 60A তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। তারটি থেকে 40cm দূরে P একটি বিন্দু। তারটিকে Q কেন্দ্রবিশিষ্ট 40cm ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার কুন্ডলীতে পরিণত করা হলো। *[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]*

ক. হল বিভব কী? ১

খ. ট্রান্সফর্মার D.C তে কাজ করে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P ও Q বিন্দু দুটি পরিবাহী থেকে সমান দূরত্বে অবস্থিত হলেও দুটি বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান ভিন্ন— বিশ্লেষণ করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎবাহী পরিবাহককে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাকে হল বিভব পার্থক্য বলে।

খ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুন্ডলীতে যদি DC ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তাহলে কোরের মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স অতিক্রম করবে। তখন $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ হওয়ায় তাড়িৎ চৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে $\left(\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}\right)$ গৌণ কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মান শূন্য। এ কারণে ট্রান্সফর্মার দ্বারা DC ভোল্টেজের মান পরিবর্তন করা যায় না।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 3×10^{-5} T

ঘ ৯ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ২২ 8cm লম্বা, 1cm প্রস্থ এবং 10^{-3}m পুরু কোনো পরিবাহকের মধ্যে দিয়ে 5A তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। যখন 2.5T মানের চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবাহকের তলের সাথে লম্বভাবে রাখা হয় তখন প্রস্থ বরাবর 10^{-4}V মানের ভোল্টেজ পার্থক্যের সৃষ্টি হয়। *[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]*

ক. টেসলা কী? ১

খ. শান্ট বলতে কী বোঝ? ২

গ. আধান বাহকের সঞ্চরণ বেগ বের করো। ৩

ঘ. পরিবাহকের প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে আধান বাহকের সংখ্যা বের করা সম্ভব কি? সম্ভব হলে বাহকের সংখ্যা বের করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ গ্যালভানোমিটার বা অ্যামিটারের মত অত্যন্ত সুবেদী যন্ত্রগুলোর মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা সীমা অতিক্রম করলে যন্ত্রের কুন্ডলীটি পুড়ে যায় এবং যন্ত্রটি ক্ষতিগ্রস্ত হয়। এসব যন্ত্রকে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করার জন্য শান্ট ব্যবহার করা হয়।

শান্ট বা স্বল্পমানের রোধ সমান্তরালে ব্যবহার করার ফলে তড়িৎপ্রবাহ একটি সহজ পথ খুঁজে পায় এবং অধিকাংশ প্রবাহ শান্টের মধ্যদিয়ে যায়।

$I_s = \frac{G}{G+S} \cdot I$

ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহজনিত সৃষ্ট তাপে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

গ এখানে,
হল বিভব, $V_H = 10^{-4}$V
চৌম্বকক্ষেত্রের মান, B = 2.5T
পরিবাহকের প্রস্থ, d = 1cm = 0.01 m
সঞ্চারণ বেগ, v = ?
আমরা জানি,

$$V_H = Bvd$$

$$\therefore v = \frac{V_H}{Bd} = \frac{10^{-4}}{2.5 \times 0.01} = 4 \times 10^{-3}\ ms^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ এখানে,
হল বিভব, $V_H = 10^{-4}$ V
চৌম্বকক্ষেত্রের মান, B = 2.5T
তড়িৎ প্রবাহ, I = 5A
পরিবাহকের পুরুত্ব, $t = 10^{-3}$m
প্রতিটি আধান বাহকের আধান, $q = 1.6 \times 10^{-19}$C
বের করতে হবে, পরিবাহকের প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে আধান বাহকের সংখ্যা n
আমরা জানি,

$$n = \frac{BI}{tqV_H}$$

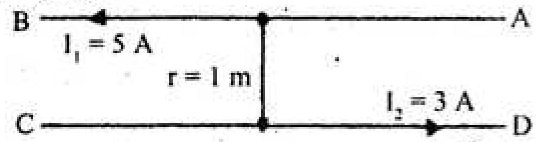
$$বা,\ n = \frac{2.5 \times 5}{10^{-3} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-4}}$$

$$বা,\ n = 7.8125 \times 10^{26}\ m^{-3}$$

$$\therefore n = 7.8125 \times 10^{20}\ cm^{-3}$$

সুতরাং বলা যায় যে, পরিবাহকের প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে আধান বাহকের সংখ্যা 7.8125×10^{20} টি।

প্রশ্ন ▶ ২৩ চিত্রে অসীম দৈর্ঘ্যের দুটি সমান্তরাল পরিবাহক AB ও CD এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহকের চারপাশে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়েছে।



[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

ক. এক ফ্যারাড-এর সংজ্ঞা দাও। ১

খ. একটি তল দ্বারা আবদ্ধ তড়িৎ দ্বিমেরুর তড়িৎ ফ্লাক্স ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্রের CD পরিবাহকের একক দৈর্ঘ্যে ক্রিয়াশীল চৌম্বক বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চৌম্বক ক্ষেত্রে এমন কোনো বিন্দু আছে যেখানে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান শূন্য হতে পারে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের বিভব 1 ভোল্ট বাড়াতে যদি 1C আধানের প্রয়োজন হয়, তাহলে ঐ পরিবাহকের ধারকত্বকে এক ফ্যারাড বলে।

খ দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

দ্বিমেরুর দিক ঋণাত্মক চার্জ থেকে ধনাত্মক চার্জের দিকে এবং চৌম্বক ফ্লাক্স ধনচার্জ থেকে বের হয়ে ঋণচার্জে প্রবেশ করে।

যদি দ্বিমেরুটি কোনো তল দ্বারা আবদ্ধ থাকে, তবে ঐ তলের মধ্যদিয়ে গমনকারী মোট ফ্লাক্সের সমীকরণ:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0}\Sigma q$$

$$= \frac{1}{\epsilon_0} \cdot [q + (-q)]$$

$$= 0$$

অতএব, তলে আগত ও বহির্নিগত ফ্লাক্সের পরিমাণ সমান, তাই মোট ফ্লাক্সের পরিমাণ শূন্য।

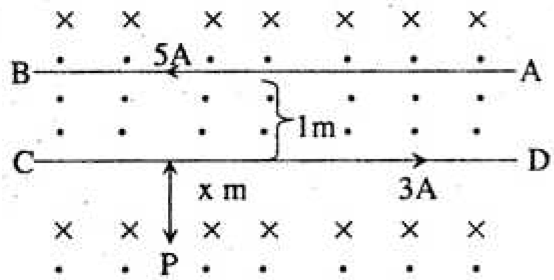
গ

এখন, CD তারের একক দৈর্ঘ্যে বল, $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_{CD} I_{AB}}{2\pi r}$	এখানে, CD তারের প্রবাহ, $I_{CD} = 3A$ AB তারের প্রবাহ, $I_{AB} = 5A$ মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 1m$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3 \times 5}{2\pi \times 1}$$

$= 3 \times 10^{-6}\ Nm^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ



ধরি, CD তার থেকে x m দূরে চৌম্বক ক্ষেত্র শূন্য হতে পারে। এখানে CD কর্তৃক প্রযুক্ত চৌম্বক ক্ষেত্রের মান এবং AB কর্তৃক প্রযুক্ত চৌম্বক ক্ষেত্রের মান সমান এবং বিপরীতমুখী।

$\therefore B_{CD} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi x}$

এবং $B_{AB} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(1 + x)}$

B_{CD} এবং B_{AB} এর লব্ধি শূন্য হতে হবে।

$\therefore \frac{\mu_0 I_2}{2\pi x} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(1 + x)}$

বা, $\frac{I_2}{x} = \frac{I_1}{1+x}$

বা, $\frac{3}{x} = \frac{5}{1+x}$

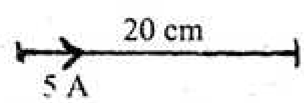
বা, $5x = 3 + 3x$

বা, $2x = 3$

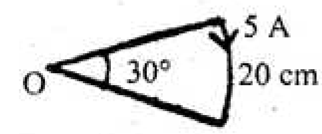
$\therefore x = \frac{3}{2}$ m.

সুতরাং CD তার থেকে $\frac{3}{2}$ মিটার দূরে এবং AB তার থেকে $(\frac{3}{2} + 1) = \frac{5}{2}$ মিটার দূরে CD তারের পার্শ্বে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান শূন্য হতে পারে।

প্রশ্ন ▶ ২৪



চিত্র-ক



চিত্র-খ

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. এক অ্যাম্পিয়ারের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. ফেরোচৌম্বক পদার্থের চৌম্বক প্রবণতা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র ক হতে পরিবাহী তারের মধ্যবিন্দু হতে 5cm দূরে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চিত্র খ হতে O বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় করা সম্ভব কিনা —গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্যদিয়ে অভিলম্বভাবে 1 সেকেন্ডে 1 কুলম্ব চার্জ প্রবাহিত হলে ঐ পরিবাহীতে যে প্রবাহমাত্রার সৃষ্টি হয় তাকে এক অ্যাম্পিয়ার বলে।

খ যে সকল পদার্থকে বাহ্যিক চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগ করে সহজেই চুম্বকে পরিণত করা সম্ভব তারাই ফেরোচৌম্বক পদার্থ। ফেরোচৌম্বক পদার্থের অভ্যন্তরে চৌম্বকক্ষেত্র শূন্য স্থানে চৌম্বকক্ষেত্র অপেক্ষা অনেক বেশি। এদের চৌম্বক গ্রহীতার মান অনেক বেশি এবং আপেক্ষিক চৌম্বক প্রবেশ্যতা 1 হতে অনেক বেশি।

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $20\mu T$

ঘ এখানে, কেন্দ্রে উৎপন্ন কোণ, $\theta = 30°$

চাপের দৈর্ঘ্য, $l = 20$ cm $= 0.2$ m

তড়িৎপ্রবাহ, $I = 5A$

ব্যাসার্ধ r হলে, $\frac{\text{চাপ}}{\text{ব্যাসার্ধ}}$ = কোণের রেডিয়ান পরিমাপ

$\therefore$ ব্যাসার্ধ, $r = \frac{0.2 \text{ m}}{\frac{30\pi}{180}} = 0.382$ m

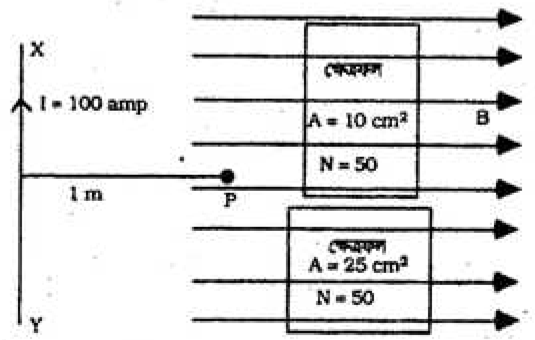
পাকসংখ্যা, $n = \frac{30°}{360°} = \frac{1}{12}$

চিত্র খ অনুযায়ী O বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান, $B = \frac{\mu_0 nI}{2r}$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{1}{12} \times 5}{2 \times 0.382} = 6.85 \times 10^{-7}\ T$$

সুতরাং, চিত্র খ হতে O বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ২৫



উদ্দীপকের চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে $10cm^2$ এবং $25cm^2$ ক্ষেত্রফলের একটি আয়তাকার ও একটি বর্গাকার 50 পাকের দুটি কুন্ডলী 0.5 sec সময়ে ক্ষেত্র থেকে বের করে নেয়া হলো।

[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

ক. চৌম্বক আবেশ, চুম্বকন মাত্রা এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মধ্যে সম্পর্কটি লেখ। ১

খ. স্থায়ী চুম্বক তৈরীর জন্য পদার্থের কী কী গুণ থাকা প্রয়োজন? ২

গ. XY তারের প্রবাহের জন্য P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত কুন্ডলী দুটির মধ্যে কোনটিতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান বেশি—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যুক্তি দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক $\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{I})$

খ স্থায়ী চুম্বক তৈরির জন্য যে সকল বস্তু ব্যবহার করা হয় তাদের নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্য থাকা প্রয়োজন।

– চুম্বকত্ব যাতে বিনষ্ট না হয় সে কারণে চৌম্বক পদার্থ উচ্চ নিগ্রহ সহনশীলতা সম্পন্ন হওয়া প্রয়োজন।

– পদার্থটির সম্পৃক্ত চুম্বকত্ব অধিক হওয়া প্রয়োজন যাতে করে চুম্বকটি শক্তিশালী হয়।

গ

দেওয়া আছে,
তড়িৎ প্রবাহ, I = 100 A
দূরত্ব, r = 1m

P বিন্দুতে চৌম্বক প্রাবল্য,

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100}{2\pi \times 1}$

$= 2 \times 10^{-5}$T **(Ans.)**

ঘ

দেওয়া আছে,
উপরের কুন্ডলীর ক্ষেত্রফল,
$A_1 = 10\ cm^2$
$= 10 \times 10^{-4} m^2$
পাক সংখ্যা, N = 50
নিচের কুন্ডলীর,
ক্ষেত্রফল, $A_2 = 25 \times 10^{-4} m^2$
পাক সংখ্যা, N = 50
সময়, t = 0.5s

প্রথম কুন্ডলীতে
আদি তড়িৎ ফ্লাক্স

$\phi_i = BA$

$= 2 \times 10^{-5} \times 10 \times 10^{-4}$

$= 2 \times 10^{-8}$ Wb

শেষ তড়িৎ ফ্লাক্স, $\phi_f = 0$

$\therefore$ তড়িচ্চালক শক্তি, $\varepsilon_1 = N\frac{d\phi}{dt}$

$= 50 \times \frac{2 \times 10^{-8} - 0}{0.5}$

$= 2\mu V$

দ্বিতীয় কুন্ডলীতে,
আদি তড়িৎ ফ্লাক্স = BA

$= 2 \times 10^{-5} \times 25 \times 10^{-4}$

$= 5 \times 10^{-8}$ Wb

শেষ তড়িৎ ফ্লাক্স = 0

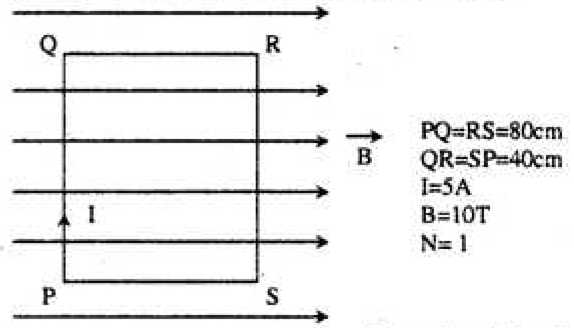
$\therefore$ তড়িচ্চালক শক্তি, $\varepsilon_2 = N\frac{d\phi}{dt}$

$= 50 \times \frac{5 \times 10^{-8} - 0}{0.5}$

$= 5\ \mu V$

$\therefore$ দ্বিতীয় কুন্ডলীতে বেশি তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৬ চিত্রে একটি আয়তাকার কুন্ডলী দেখানো হল যেখানে কুন্ডলী তল সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে সমান্তরালে রাখা আছে।



[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. টেসলা কাকে বলে? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে ব্যবস্থা শীতল হয় —ব্যাখ্যা করো। ২

গ. PQ বাহুর উপর ক্রিয়াশীল বলের মান কত? ৩

ঘ. অধিক টর্কের জন্য আয়তাকার কুন্ডলী অপেক্ষা বৃত্তাকার কুন্ডলী উত্তম —উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের কোনো আদান প্রদান হয় না, অর্থাৎ $\Delta Q = 0$। এ প্রক্রিয়ায় গ্যাস সম্প্রসারিত হলে ΔW ধনাত্মক; তখন $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

সূত্রানুসারে, $0 = \Delta U + \Delta W$ বা, $\Delta U = -\Delta W$

ΔW ধনাত্মক হওয়ায় ΔU ঋণাত্মক; অর্থাৎ অন্তঃস্থ শক্তি ব্যয়ে কৃতকাজ সম্পন্ন হয় বলে তখন তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

গ দেওয়া আছে,

PQ বাহুর দৈর্ঘ্য, l = 80 cm = 0.8 m

তড়িৎ প্রবাহ, I = 5A

চৌম্বক ক্ষেত্র, B = 10 T

বের করতে হবে, ক্রিয়াশীল বল, F = ?

এক্ষেত্রে, $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$

$\therefore |\vec{F}| = IlB \sin\theta$

$= 5A \times 0.8m \times 10T \times \sin 90°$

$= 40N$ **(Ans.)**

[$\because$ PQ, $\vec{B}$ এর দিকের সাথে সমকোণে আছে]

ঘ $\tau = NI\ AB \sin\theta$

আয়তাকার কুন্ডলী ও বৃত্তাকার কুন্ডলীর ক্ষেত্রে N, I, B, θ রাশিগুলো একই হলে,

ধরি, তারের দৈর্ঘ্য, l

বৃত্তাকার কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ r হলে,

$2\pi r = l$

$\therefore r = \frac{l}{2\pi}$

বর্গাকার কুন্ডলীর ধারের দৈর্ঘ্য a হলে,

$4a = l$

$\therefore a = \frac{l}{4}$

প্রবাহ, i

চৌম্বকক্ষেত্র ও কুন্ডলীর অন্তর্ভুক্ত কোণ, θ

∴ কুন্ডলীর ক্ষেত্রফল ভেক্টর ও চৌম্বকক্ষেত্রের অন্তর্ভুক্ত কোণ,

$\varphi = 90° - \theta$

∴ বৃত্তাকার কুন্ডলীর উপর টর্ক, $\tau_c = i A_c B \sin\varphi$

বর্গাকার কুন্ডলীর উপর টর্ক, $\tau_s = i A_s B \sin\varphi$

$$\therefore \frac{\tau_c}{\tau_s} = \frac{i A_c B \sin\varphi}{i A_s B \sin\varphi} = \frac{A_c}{A_s} = \frac{\pi r^2}{a^2} = \frac{\pi \frac{l^2}{4\pi^2}}{\frac{l^2}{16}}$$

$$\text{বা, } \frac{\tau_c}{\tau_s} = \frac{\frac{1}{4\pi}}{\frac{1}{16}} = \frac{4}{\pi} > 1$$

$\therefore \tau_c > \tau_s$।

অতএব, বৃত্তাকার কুন্ডলীতে অধিকতর টর্ক হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৭ 4 cm প্রস্থ ও 1 mm পুরুত্বের একটি তামার পাত 5T চৌম্বক ক্ষেত্রে লম্বভাবে অবস্থিত পাতের মধ্যদিয়ে 10 A তড়িৎ প্রবাহিত করা হলো এবং পাতের প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে প্রবাহিত ইলেকট্রন সংখ্যা 10^{23}।

[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. হেনরি কাকে বলে? ১

খ. ডিসি অপেক্ষা এসি বেশি বিপজ্জনক— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তামার পাতে সৃষ্ট হল বিভব নির্ণয় করো। ৩

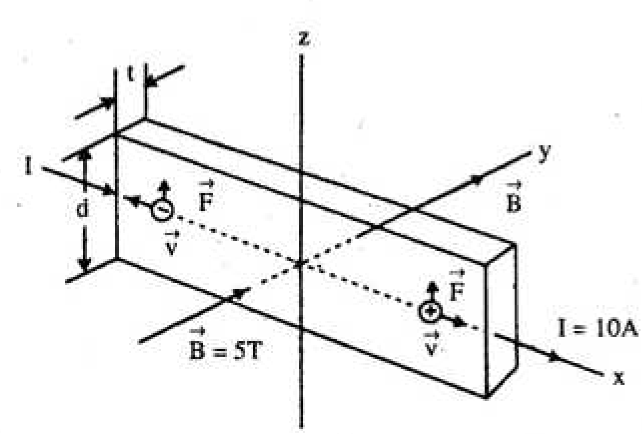
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে তামার পাতে ইলেকট্রনের তাড়ন বেগের মান $1\ ms^{-1}$ এর বেশি হবে কিনা? ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুন্ডলীতে $1\ As^{-1}$ হারে তড়িৎপ্রবাহমাত্রার পরিবর্তন করলে যদি এতে 1V তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়, তাহলে ঐ কুন্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ককে এক হেনরি বলে।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে R.M.S বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V। একারণেই ডিসি অপেক্ষা এসি বেশি বিপজ্জনক।

গ



তামার পাতে সৃষ্ট হল বিভব, V_H হলে,

$$V_H = \frac{BI}{ntq} = \frac{5 \times 10}{10^{29} \times 10^{-3} \times 1.60 \times 10^{-19}} = 3.125 \times 10^{-6}\ V\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
চৌম্বকক্ষেত্র, B = 5T
তড়িৎ প্রবাহ, I = 10A
ইলেকট্রনের ঘনত্ব, $n = 10^{23}\ cm^{-3} = 10^{29}\ m^{-3}$
পাতের পুরুত্ব, $t = 1\ mm = 10^{-3} m$
ইলেকট্রনের চার্জ, $q = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

ঘ 'গ' থেকে পাই তামার পাতে সৃষ্ট হল বিভব $V_H = 3.125 \times 10^{-6}\ V$

তামার পাতে সৃষ্ট হল বিভব, V_H হলে,

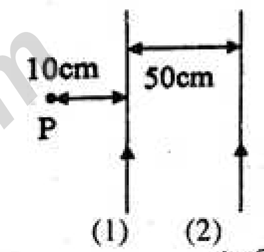
$V_H = Bvd$

$$\text{বা, } v = \frac{V_H}{Bd} = \frac{3.125 \times 10^{-6}}{5 \times 4 \times 10^{-2}} = 1.5625 \times 10^{-5}\ ms^{-1}$$

এখানে,
হল বিভব, $V_H = 3.125 \times 10^{-6} V$
চৌম্বকক্ষেত্র, B = 5T
পাতের প্রস্থ, $d = 4\ cm = 4 \times 10^{-2}\ m$
ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ, v = ?

∴ উদ্দীপক অনুসারে ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ $1.5625 \times 10^{-5}\ ms^{-1}$ যা $1\ ms^{-1}$ অপেক্ষা কম।

প্রশ্ন ▶ ২৮ চিত্রে (1) ও (2) নং তারে যথাক্রমে 2A ও 4A তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে।



[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. লেঞ্জের সূত্র বর্ণনা কর। ১

খ. সংজ্ঞা হতে চুম্বকায়ন তীব্রতা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. P বিন্দুতে চৌম্বক আবেশের লব্ধিমান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তারদ্বয়ের মধ্যকার একক দৈর্ঘ্যে বলের মান ও প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো তড়িৎ চৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা প্রবাহের দিক এমন হয় যে, তা সৃষ্টি হওয়া মাত্রই যে কারণে সৃষ্টি হয় সেই কারণকেই বাধা দেয়।

খ চুম্বকায়ন ক্ষেত্র প্রয়োগ করলে কোনো পদার্থের প্রতি একক আয়তনে যে চৌম্বক ভ্রামকের উদ্ভব হয় তাকে চুম্বকায়ন তীব্রতা বলে।

V আয়তনের কোনো চুম্বকায়িত পদার্থে যদি প্রতিটি $\vec{M}_i$ চৌম্বক ভ্রামকের N সংখ্যক চৌম্বক দ্বিপোল থাকে তবে সংজ্ঞানুসারে, লব্ধি চৌম্বক ভ্রামক, $\vec{M} = \Sigma \vec{M}_i$ এবং চুম্বকায়ন তীব্রতা, $\vec{I} = \frac{\vec{M}}{V}$।

গ

১ম তারের দরুণ চৌম্বক আবেশ

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 0.1} = 4 \times 10^{-6}\ T$$

এখানে,
১ম তার থেকে দূরত্ব, $r_1 = 10cm = 0.1cm$
২য় তার থেকে দূরত্ব, $r_2 = (10+50)\ cm = 0.6\ m$
১ম তারে প্রবাহ, $I_1 = 2A$
২য় তারে প্রবাহ, $I_2 = 4A$

২য় তারের দরুণ চৌম্বক আবেশ,

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.6} = 1.33 \times 10^{-6} T$$

P বিন্দুতে চৌম্বক আবেশের দিক একই দিকে,

$$\therefore B = B_1 + B_2 = 4 \times 10^{-6} T + 1.33 \times 10^{-6} T = 5.33 \times 10^{-6} T$$

ঘ

১ম তারের থেকে 50 cm দূরত্বে ২য় তার রয়েছে।

তারদ্বয়ের একক দৈর্ঘ্যে বলের মান, $\frac{F_1}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \times 0.5}$

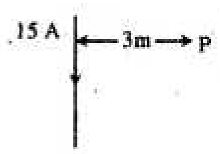
$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 4}{2\pi \times 0.5}$

$= 3.2 \times 10^{-6}\ Nm^{-1}$

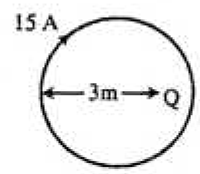
এখানে,
প্রথম তারে প্রবাহ, $I_1 = 2A$
২য় তারে প্রবাহ, $I_2 = 4A$
১ম তারে একক দৈর্ঘ্যে বল, $\frac{F_1}{l} = ?$
২য় তারে একক দৈর্ঘ্যে বল, $\frac{F_2}{l} = ?$
দূরত্ব, $r = 0.5$ m

অর্থাৎ তারদ্বয়ের একে অপরের উপর একক দৈর্ঘ্যে বলের মান 3.2×10^{-6} N এবং আকর্ষণধর্মী।

প্রশ্ন ▶ ২৯



চিত্র- ১



চিত্র- ২

চিত্রে P ও Q বিন্দু দিয়ে আলাদাভাবে দুটি ইলেকট্রন একই বেগ $6 \times 10^6\ ms^{-1}$ নিয়ে কাগজ তলে গতিশীল আছে।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী]

ক. 1 টেসলা কাকে বলে? ১
খ. চৌম্বক ফ্লাক্স ও চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব বলতে কী বোঝায়? ২
গ. ১ নং চিত্রের সরল তড়িৎবাহী তারের জন্য P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্র নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ইলেকট্রন দুটির উপর সৃষ্ট চৌম্বক বল সমান নয়— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ কোনো তলের ক্ষেত্রফল এবং ঐ তলের লম্ব বরাবর চৌম্বকক্ষেত্রের উপাংশের গুণফলকে ঐ তলের সাথে সংশ্লিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্স বলে। কোনো তলের ক্ষেত্রফল A এবং চৌম্বকক্ষেত্রের উপাংশ $B\cos\theta$ হলে, চৌম্বক ফ্লাক্স, $\varphi = AB\cos\theta$

অপরদিকে, কোনো বিন্দুর চারপাশে একক ক্ষেত্রফল দিয়ে লম্বভাবে অতিক্রমকারী চৌম্বক ফ্লাক্সকে ঐ বিন্দুতে চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব বলে।

$\therefore$ চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব $= \frac{\varphi}{A} = \frac{AB\cos\theta}{A} = B\cos\theta$

অর্থাৎ, চৌম্বক ক্ষেত্রের উপাংশই হলো চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব।

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10^{-6}T

ঘ বর্তনীর কেন্দ্র Q বিন্দুতে চৌম্বক প্রাবল্য,

$B_Q = \frac{\mu_0 I}{2r}$

$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15A}{2 \times 3}$

$= 3.14 \times 10^{-6}$T

দেয়া আছে,
চিত্র-২ তে, বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ, $I = 15A$
বর্তনীর ব্যাসার্ধ, $r = 3m$
ইলেকট্রনের বেগ, $v = 6 \times 10^6$ m/s

এখন, 'গ' হতে পাই, $B_P = 10^{-6}$T

যেহেতু চৌম্বক ক্ষেত্র এবং কাগজ তল তথা ইলেকট্রনের বেগের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 90°$

$\therefore \sin\theta = 1$

$\therefore$ P বিন্দুতে বল, $F_P = qvB_P \sin\theta$

$= 1.6 \times 10^{-19} \times 6 \times 10^6 \times 10^{-6} \times 1$ N

$= 9.6 \times 10^{-19}$N

Q বিন্দুতে বল, $F_Q = qvB_Q \sin\theta$

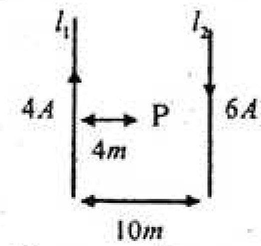
$= 1.6 \times 10^{-19} \times 6 \times 10^6 \times 3.14 \times 10^{-6} \times 1$ N

$= 30.14 \times 10^{-19}$N

$\therefore F_Q \neq F_P$

অর্থাৎ ইলেকট্রনদ্বয়ের প্রযুক্ত চৌম্বক বল সমান নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩০



চিত্রে I_1 ও I_2 দুটি পরিবাহী তার এবং উভয় তারের দৈর্ঘ্য 20 m।

[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]

ক. হাইগেনসের নীতিটি বিবৃত করো। ১
খ. উদ্দীপকের তার দুইটির মধ্যে ক্রিয়াশীল বল কী ধর্মী ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের l_2 তারের উপর প্রযুক্ত বলের মান কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে লব্ধি চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় করা সম্ভব কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত সব বিন্দুকে এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ উদ্দীপকের তার দুইটির মধ্যে ক্রিয়াশীল বল বিকর্ষণধর্মী হবে। বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক বিপরীত হওয়ায় ফ্লেমিং এর ডান হস্ত নিয়ম অনুসারে তারদ্বয়ের মধ্যে পরস্পর ক্রিয়াশীল বল একই অভিমুখে হবে। আমরা জানি, দুটি বিপরীত অভিমুখী চৌম্বক ক্ষেত্র পরস্পরকে আকর্ষণ করে কিন্তু সমমুখী চৌম্বকক্ষেত্র পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। এক্ষেত্রে চৌম্বকক্ষেত্রের দিক সমমুখী হওয়ায় তারদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল বিকর্ষণধর্মী হবে।

গ l_2 তারের একক দৈর্ঘ্যে প্রযুক্ত বল,

$\frac{F}{l_2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$

$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 6}{2\pi \times 10}$

$= 4.8 \times 10^{-7}$ N

এখানে,
১ম তারের জন্য, প্রবাহ, $I_1 = 4A$
২য় তারের জন্য, প্রবাহ, $I_2 = 6A$
পারস্পরিক দূরত্ব, $r = 10m$

সুতরাং, সম্পূর্ণ l_2 তারের ওপর প্রযুক্ত বল, $F = 4.8 \times 10^{-7} \times 20$

$= 9.6 \times 10^{-6}$N

ঘ প্রথম তারের জন্য P বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্র,

$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1}$

$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 6}{2\pi \times 4}$

$= 2 \times 10^{-7}$ T, যার দিক কাগজ পৃষ্ঠার ভেতরের দিকে।

১ম তারের ক্ষেত্রে, প্রবাহ, $I_1 = 4A$
P-বিন্দুর দূরত্ব, $r_1 = 4m$
২য় তারের জন্য, প্রবাহ, $I_2 = 6A$
P-বিন্দুর দূরত্ব, $r_2 = 6m$

২য় তারের জন্য P বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্র,

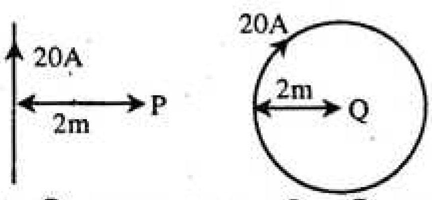
$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2}$$
$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 6}$$
$$= 2 \times 10^{-7}\,T$$, যার দিক ভেতরের দিকে।

যেহেতু B_1 ও B_2 একই দিকে তাই P বিন্দুতে লব্ধি চৌম্বকক্ষেত্র,

$$B = B_1 + B_2$$
$$= (2 \times 10^{-7} + 2 \times 10^{-7})T$$
$$= 4 \times 10^{-7}\,T\ \textbf{(Ans.)}$$

অতএব, P বিন্দুতে লব্ধি চৌম্বকক্ষেত্র নির্ণয় সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৩১



চিত্রে সরল তড়িৎবাহী এবং বৃত্তাকার তড়িৎবাহী তার। উভয় তারের মধ্যে দিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে।

[আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী]

ক. চৌম্বক ফ্লাক্স কী? ১

খ. ডিসি অপেক্ষা এসি বেশি বিপজ্জনক ব্যাখ্যা কর। ২

গ. P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে তড়িৎবাহী তার থেকে P এবং Q বিন্দুর দূরত্ব একই হলে কোন বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

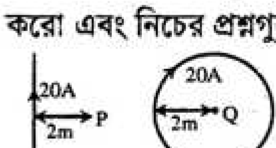
ক কোনো বন্ধপথ বরাবর কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের রৈখিক সমাকলন, পথটি দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত মোট তড়িৎ প্রবাহমাত্রা এবং শূন্য মাধ্যমের চৌম্বক প্রবেশ্যতার গুণফলের সমান।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে R.M.S বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V.

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $20 \times 10^{-7}T$

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: Q বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ চিত্রটি লক্ষ করো এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



A B

চিত্রে A ও B দুটি যথাক্রমে সরল তড়িৎবাহী এবং বৃত্তাকার তড়িৎবাহী তার। উভয় তারের মধ্যদিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে।

[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]

ক. এক টেসলা কাকে বলে? ১

খ. একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি চার্জ গতিশীল আছে কিন্তু এর উপর কোনো বল ক্রিয়া করছে না কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্র নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে তড়িৎবাহী তার থেকে P ও Q বিন্দুর দূরত্ব একই হলে কোন বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ আমরা জানি, তড়িৎক্ষেত্রে গতিশীল আধানের উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বল, $F = qvB\sin\theta$

এখানে, q = আধানের পরিমাণ

v = আধানের বেগ

B = চৌম্বকক্ষেত্রের মান

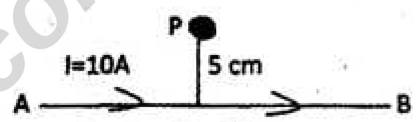
$\theta = \vec{v}$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যকার কোণ

q, V, B অশূন্য হওয়া সত্ত্বেও F শূন্য হতে পারে যদি $\sin\theta = 0$ হয়, অর্থাৎ, চৌম্বক বলরেখার সমান্তরালে গতিশীল চার্জটি গমন করে।

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $2\mu T$

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** Q বিন্দুতে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩



তারের দৈর্ঘ্য 1m।

[নওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]

ক. ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য কাকে বলে? ১

খ. ঢাকার বিনতি 31°N বলতে কী বুঝ? ২

গ. AB তারের P বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রদত্ত তারটিকে একটি বৃত্তাকার কুন্ডলীতে পরিণত করা হলে কেন্দ্রে সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের মানের কীরূপ পরিবর্তন হবে — যুক্তিসহ লিখ। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে অনুভূমিক বরাবর ভূ-চৌম্বকক্ষেত্রের যে উপাংশ থাকে তাকে ভূ-চৌম্বকক্ষেত্রের আনুভূমিক প্রাবল্য বলে। এক্ষেত্রে, $H = B\cos\delta$, δ= বিনতি কোণ।

খ ঢাকার বিনতি 31°N বলতে বোঝায়, ঢাকায় ভারকেন্দ্র হতে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক শলাকার অক্ষ স্থির অবস্থায় অনুভূমিক তলের সাথে 31° কোণে আনত থাকবে এবং শলাকাটির উত্তর মেরু নিচের দিকে ঝুঁকে থাকবে।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $4 \times 10^{-5}T$

ঘ প্রশ্নমতে, এক্ষেত্রে কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ হবে, $r = 5cm = 0.05m$

তাহলে পাকসংখ্যা N হলে $N.2\pi r = L$

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{1m}{2 \times 3.1416 \times 0.05\,m} = 3.18$$

তাহলে এ কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে I = 10A মানের তড়িৎ প্রবাহিত হলে এর কেন্দ্রে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = \frac{\mu_0 nI}{2r}$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3.18 \times 10}{2 \times 0.05} = 0.0004T$$

ইহা সোজা তারের মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহের দরুণ সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের তুলনায় অনেক বৃহত্তর (10 গুণ)।

$$\frac{0.0004T}{4\times10^{-5}T} = 10$$

সুতরাং, প্রদত্ত তারটিকে একটি বৃত্তাকার কুণ্ডলীতে পরিণত করলে কেন্দ্রে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্র পূর্বের তুলনায় 10 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ অভি ও রবি দ্বাদশ শ্রেণীর মেধাবী ছাত্র। রবি ল্যাবরেটরিতে 4m দীর্ঘ সোজা পরিবাহী তারের মধ্যদিয়ে 10A তড়িৎ প্রবাহিত করে এর নিকটে 25cm দূরত্বে চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয় করল। অভি ঐ তারটি পেঁচিয়ে 25cm ব্যাসার্ধের কুণ্ডলী তৈরি করে কেন্দ্রে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় করল।

[এম.সি. একাডেমী (মডেল স্কুল ও কলেজ), গোলাপগঞ্জ, সিলেট]

ক. লরেঞ্জ বল কী? ১

খ. বায়ো-স্যাভার্টের (Biot-savart's) সূত্রটি বর্ণনা করো। ২

গ. রবির পরীক্ষায় চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন ক্ষেত্রে চৌম্বকক্ষেত্রের মান বেশি হবে? গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে একই সময়ে একটি তড়িৎক্ষেত্র ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল আধান যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ নির্দিষ্ট মাধ্যমে কোনো পরিবাহীর ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে এর আশ-পাশের কোনো বিন্দুতে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের মান পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক, পরিবাহীর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িতের সমানুপাতিক, পরিবাহীর মধ্যবিন্দু ও ঐ বিন্দুর সংযোজক সরলরেখা পরিবাহীর মধ্যবিন্দুতে স্পর্শকের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার sine এর সমানুপাতিক এবং পরিবাহীর মধ্যবিন্দু হতে ঐ বিন্দুর দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

ব্যাখ্যা : মনে করি, পরিবাহীর একটি ক্ষুদ্র অংশ MN এর দৈর্ঘ্য dl এবং এর মধ্যদিয়ে i তড়িৎ প্রবাহ চলছে। MN এর মধ্যবিন্দু O। O বিন্দুতে পরিবাহীর স্পর্শকের সাথে θ কোণে O হতে r দূরত্বে P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান dB হলে বিয়ো-স্যাভার সূত্রানুসারে,

$$dB \propto \frac{idl\sin\theta}{r^2}$$

বা, $$dB = K\frac{idl\sin\theta}{r^2}$$

এখানে K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান রাশিগুলোর একক ও মাধ্যমের চৌম্বক ধর্মের ওপর নির্ভর করে। এস, আই পদ্ধতিতে শূন্য মাধ্যমে K এর মান পাওয়া যায় $10^{-7}\,T\cdot m\cdot A^{-1}$। শূন্য মাধ্যমে $K = 10^{-7}\,T\cdot m\cdot A^{-1}$ -কে লেখা হয়-

$$K = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

এখানে μ_0 হচ্ছে শূন্য মাধ্যমের চৌম্বক প্রবেশ্যতা। এর মান $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\,T\cdot m\cdot A^{-1}$

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : 8μT।

ঘ যদি N সংখ্যক প্যাচের কুণ্ডলী গঠিত হয়, তবে,

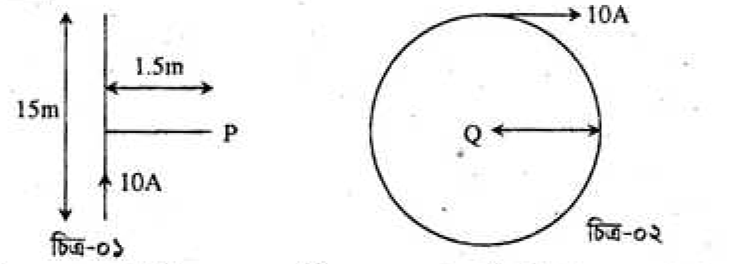
$N.\,2\pi r = l$	এখানে,
বা, $N = \frac{l}{2\pi r}$	তারের দৈর্ঘ্য, $l = 4m$
$= \frac{4}{2\pi\times0.25}$	প্রবাহ, $I = 10\ A$
$= 2.5 = 2 + \frac{1}{2}$	কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধ, $r = 25\ cm = 0.25\ m$
	কেন্দ্রে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান, $B = ?$

∴ কেন্দ্রে উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্রের মান হবে,

$$B = 2\frac{\mu_0 i}{2r} + \frac{1}{2}\frac{\mu_0 i}{2r}$$
$$= 2.5\frac{\mu_0 i}{2r}$$
$$= 2.5\times\frac{4\pi\times10^{-7}\times10}{2\times0.25}$$
$$= 6.28\times10^{-5}\,T$$
$$= 62.8\,\mu T > 2\mu T$$

অতএব, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৫



চিত্র- ১ এর তারটিকে চিত্র-২ এর ন্যায় পাঁচটি পাকের বৃত্তাকার কুণ্ডলীতে পরিণত করা হল।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

ক. চৌম্বক ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. ঢাকার বিনতি 31°N কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. Q বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয় সম্ভব কিনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বিদ্যুৎবাহী কুণ্ডলীর বিদ্যুৎ প্রবাহ এবং কুণ্ডলীর ক্ষেত্রফল ভেক্টরের গুণফলকে ঐ কুণ্ডলীর চৌম্বক ভ্রামক বলে।

খ ঢাকার বিনতি 31°N বলতে বোঝায় ঢাকায়, ভারকেন্দ্র হতে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক শলাকার অক্ষ স্থির অবস্থায় অনুভূমিক তলের সাথে 31° কোণে আনত থাকবে এবং শলাকাটির উত্তর মেরু নিচের দিকে ঝুঁকে থাকবে।

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.34 μT

ঘ

চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = \frac{\mu_0 NI}{2r}$	এখানে,
$= \frac{4\pi\times10^{-7}\times5\times10}{2\times3/2\pi}$	তারের দৈর্ঘ্য, $l = 15m$
$\therefore B = 6.58\times10^{-5}T$	তড়িৎ প্রবাহ, $I = 10A$
	পাকের সংখ্যা, $N = 5$
	তারের পরিধি, $2\pi r$
	হলে, $5\times2\pi r = 15$
	বা, $r = 3/2\pi\ m$
	Q বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রে, $B = ?$

সুতরাং, Q বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয় করা সম্ভব এবং তা $6.58\times10^{-5}T$.

প্রশ্ন ▶ ৩৬ একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে $\vec{B} = 6\hat{i}$ Tesla. উক্ত ক্ষেত্রে একটি খোলা পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $\vec{A} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k})\ cm^2$

[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]

ক. হল ক্রিয়া কী? ১

খ. ফ্যারাডের তড়িৎচুম্বকীয় আবেশের সূত্র দুটি লিখ। ২

গ. উদ্দীপকে পৃষ্ঠের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যখন পৃষ্ঠ ও চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যবর্তী কোণ 30° হয়, তখন চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন কি হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পাত আকৃতির তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর দুই বিপরীত পৃষ্ঠে একটি বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। এ ঘটনাকে হল ক্রিয়া বলে।

খ **প্রথম সূত্র:** কোনো বন্ধ কুন্ডলীতে আবন্ধ চৌম্বক আবেশ রেখার সংখ্যা বা চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন হলে কুন্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয় এবং যতক্ষণ এ পরিবর্তন স্থায়ী হয়, কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহও ততক্ষণ স্থায়ী হয়।

দ্বিতীয় সূত্র: কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল, সময়ের সাথে ঐ কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।

এক পাকের কোঁনো বন্ধ কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন dt সময়ে $d\Phi_B$ হলে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে কুন্ডলীতে ঐ সময়ে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল-

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

গ দেওয়া আছে, চৌম্বক ক্ষেত্র, $\vec{B} = 6\hat{i}$ T

ক্ষেত্রফল, $\vec{A} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k})$ cm^2

$= (2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}) \times 10^{-4}$m^2

∴ চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = \vec{A}.\vec{B}$

$= \{(2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}) \times 10^{-4} m^2\}.(6\hat{i}T)$

$= 2 \times 6 \times 10^{-4}$ Wb

$= 12 \times 10^{-4}$ Wb **(Ans.)**

ঘ তলের ক্ষেত্রফলের মান, $A = \sqrt{2^2 + 3^2 + (-\sqrt{3})^2} \times 10^{-4}$ m^2

$= \sqrt{4 + 9 + 3} \times 10^{-4}$ m^2

$= 4 \times 10^{-4}$ m^2

চৌম্বক ক্ষেত্রের মান, $B = |6\hat{i}| = 6$ Wbm^{-2}

ক্ষেত্রফল ভেক্টর এবং চৌম্বক ক্ষেত্র ভেক্টরের মধ্যকার কোণ,

$\theta = 90° - 30° = 60°$

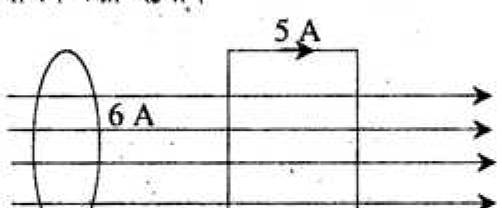
∴ এখন অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = AB\cos\theta$

$= 4 \times 10^{-4}$ m$^2 \times 6$Wbm$^{-2} \times \cos 60°$

$= 12 \times 10^{-4}$ Wb $= \varphi$

সুতরাং উদ্দীপকে বর্ণিত A ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট পৃষ্ঠের তলটি চৌম্বক ক্ষেত্র B এর সাথে 30° কোণে অবস্থিত হয়, তবে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৭ তড়িৎবাহী কুন্ডলীর উপর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাব পর্যবেক্ষণ করতে গিয়ে উদ্দিপকে কুন্ডলীদ্বয়ের তল চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে 30° কোণে স্থাপন করা হলো।



[বি এ এফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. 1 হেনরি বলতে কী বোঝ? ১

খ. লেঞ্জের সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বৃত্তাকার কুন্ডলীতে চৌম্বক ফ্লাক্সের মান কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কুন্ডলীদ্বয়ের কোনটিতে ঘূর্ণন সৃষ্টির প্রবণতা বেশি হবে— গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুন্ডলীতে 1 As^{-1} হারে তড়িৎপ্রবাহমাত্রার পরিবর্তন করলে যদি 1V তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়, তাহলে ঐ কুন্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ককে 1 হেনরি বলে।

খ লেঞ্জের সূত্র থেকে আমরা জানি, কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি এর সৃষ্টির কারণকেই বাধা দেয়। কোনো কুন্ডলী ও চুম্বকের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক গতির জন্য কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের উদ্ভব হয় যা ঐ আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয়। সুতরাং ঐ গতি বজায় রাখার জন্য সর্বদা কিছু যান্ত্রিক শক্তি ব্যয় করতে হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। সুতরাং লেঞ্জের সূত্র শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে।

গ মনে করি, বৃত্তাকার কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ = r m

তাহলে, এর ক্ষেত্রফল $= \pi r^2$

চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব, B = 5T

উদ্দীপকের চিত্রানুযায়ী, বৃত্তাকার কুন্ডলীর তলের লম্বের সাথে চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব ভেক্টর $(\vec{B})$ এর সাথে মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 90° - 30° = 60°$

∴ কুন্ডলীটিতে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ মানের চৌম্বক ফ্লাক্স আবিষ্ট হবে যার মান, $\varphi = BA\cos\theta = 5T \times \cos 60° \times \pi r^2$

$= \frac{15.708r^2}{2}$ wb

φ এর প্রকৃত মান নির্ভর করে r-এর মানের ওপর।

ঘ যে কুন্ডলীতে বেশি মানের টর্ক সৃষ্টি হবে সেখানে ঘূর্ণন সৃষ্টির প্রবণতা বেশি হবে।

উক্ত টর্কের মান, $\tau = |NI\vec{A} \times \vec{B}|$

$= NIAB\sin\theta$

এখানে, N = কুন্ডলীর পাকসংখ্যা = 1 (উভয় কুন্ডলীর ক্ষেত্রে সমান)

চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব, B = 5T (উভয় কুন্ডলীর ক্ষেত্রে সমান)

উদ্দীপক অনুযায়ী বৃত্তাকার কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ r হলে বর্গাকার কুন্ডলীর ক্ষেত্রফল $= (2r)^2 = 4r^2$

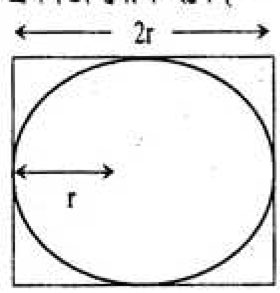
θ = কুন্ডলী তল ভেক্টর $(\vec{A})$ ও চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব ভেক্টর $(\vec{B})$ এর মধ্যকার কোণ = 90° − 30° = 60° (উভয় কুন্ডলীর ক্ষেত্রে)

N, B, θ-এর মান উভয় কুন্ডলীর ক্ষেত্রে একই হওয়াতে IA গুণফলটি যেটির জন্য বেশি হবে, সেটিতে বেশি ঘূর্ণন প্রবণতা সৃষ্টি হবে।

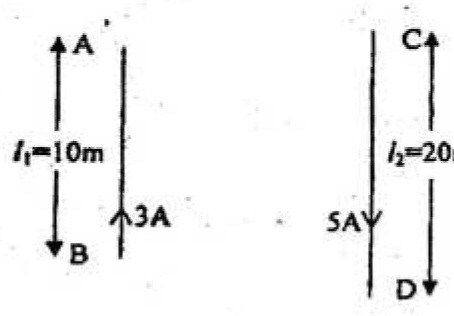
বৃত্তাকার কুন্ডলীর জন্য $IA = 6A \times \pi r^2 = 18.85r^2$ SI unit

বর্গাকার কুন্ডলীর জন্য $IA = 5A \times 4r^2 = 20r^2$ SI unit

যেহেতু বর্গাকার কুন্ডলীর জন্য IA গুণফলটির মান বেশি, তাই বর্গাকার কুন্ডলীতেই ঘূর্ণন সৃষ্টির প্রবণতা বেশি হবে।



প্রশ্ন ▶ ৩৮



[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]

ক. টেসলা কী? ১

খ. বৈদ্যুতিক পাখার তার কুন্ডলী বৃত্তাকার করে তৈরি করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের AB তারের উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তারদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানের কোথায় চৌম্বক ক্ষেত্রের মান সমান হবে? গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ B চৌম্বকক্ষেত্রে অবস্থিত কোনো কুণ্ডলীতে সৃষ্ট টর্ক τ হলে,

$\tau = NIAB \sin\theta$

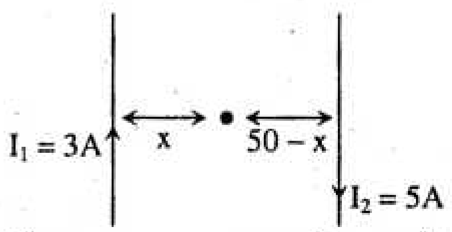
সমান পরিধির বিভিন্ন আকৃতির কুণ্ডলীর জন্য বৃত্তাকারের জন্য ক্ষেত্রফল সর্বোচ্চ হয়। ফলে সৃষ্ট টর্কও বৃত্তাকারের জন্য সর্বোচ্চ হয়।

এ কারণে বৈদ্যুতিক পাখায় তারের কুণ্ডলী বৃত্তাকার করে তৈরি করা হয়।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $0.6\ \mu N_1$

ঘ



$I_1 = 3A$ তড়িৎবাহী তার হতে x m দূরের বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান সমান হলে, I_1 দ্বারা সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র

$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$

I_2 দ্বারা সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র, $B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(50 - x)}$

$\therefore B_1 = B_2$

বা, $\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(50 - x)}$

বা, $\frac{I_1}{x} = \frac{I_2}{50 - x}$

বা, $\frac{50 - x}{x} = \frac{I_2}{I_1}$

বা, $\frac{50 - x + x}{x} = \frac{I_2 + I_1}{I_1}$

বা, $\frac{50}{x} = \frac{I_2 + I_1}{I_1}$

$\therefore x = \frac{I_1}{I_2 + I_1} \times 50$

$= \frac{3}{5 + 3} \times 50$

$= 18.75$ m

অর্থাৎ, তার দুটির মধ্যবর্তী স্থানে $I_1 = 3A$ তড়িৎবাহী তার হতে 18.75m দূরে তড়িৎবাহী তারদ্বয় দ্বারা সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র সমান হবে।

প্রশ্ন ▶৩৯ দ্বাদশ শ্রেণির ছাত্ররা 2m লম্বা সোজা তারের মধ্যে দিয়ে 4A তড়িৎ প্রবাহিত করে 10cm দূরে কোনো বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান নির্ণয়ের চেষ্টা করল। তারটিকে এরপর একবার বৃত্তাকার ও একবার বর্গাকার কুণ্ডলী তৈরি করে চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে 30° কোণে স্থাপন করল। $[\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} WbA^{-1}m^{-1}]$

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. হেনরী কাকে বলে? ১

খ. অর্ধপরিবাহীর উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তারটি হতে 20cm দূরে চৌম্বকক্ষেত্রের মান কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের পরবর্তী দুটি কুন্ডলীর মধ্যে কোনটিতে ঘূর্ণন বল বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আবেশ গুণাঙ্কের (স্বকীয় বা পারস্পরিক) একককে হেনরি বলে।

খ অর্ধপরিবাহী পদার্থের যোজন ব্যান্ড প্রায় পূর্ণ থাকে এবং পরিবহন ব্যান্ড প্রায় ফাঁকা থাকে। অর্ধপরিবাহী পদার্থের যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু সংখ্যক যোজনী বন্ধন ভেঙে অল্প সংখ্যক ইলেকট্রন পরিবহণ ব্যান্ডে চলে যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে ইলেকট্রনের যোজন ব্যান্ড হতে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যাওয়া বা তাপমাত্রা হ্রাস করলে ইলেকট্রনের পরিবহণ ব্যান্ড হতে যোজন ব্যান্ডে ফিরে আসা ত্বরান্বিত হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে কিছু সংখ্যক যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে প্রবেশ করার মত যথেষ্ট শক্তি অর্জন করে এবং মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হয়। এ কারণে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীতে পরিবহন ব্যান্ডের সকল ইলেকট্রন যোজন ব্যান্ডে চলে আসে। ফলে পরিবহন ব্যান্ড সম্পূর্ণ খালি এবং যোজন ব্যান্ড সম্পূর্ণ পূর্ণ থাকে। ব্যান্ডতত্ত্ব অনুসারে পদার্থের এরকম অবস্থায় তাদের অন্তরক বলে। অর্থাৎ নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকে পরিণত হয়।

গ আমরা জানি,

$B_p = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$

$= \frac{4\pi \times 10^{-7} WbA^{-1}m^{-1} \times 4 A}{2\pi \times 0.2}$

$= 4 \times 10^{-6}$ T **(Ans.)**

এখানে,
তারের তড়িৎ প্রবাহ, I = 4 A
P বিন্দুর দূরত্ব, a = 20 cm = 0.2 m
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} WbA^{-1}m^{-1}$
চৌম্বকক্ষেত্র, $B_p = ?$

ঘ 'গ' হতে,

চৌম্বকক্ষেত্র, $B = 4 \times 10^{-6}$T

∴ ১ম বর্তনীর উপর সৃষ্ট ঘূর্ণন বল,

$\tau_1 = NIA_1B \sin\theta$

$= 1 \times 4 \times 0.318 \times 4 \times 10^{-6} \sin 60°$

$= 4.4 \times 10^{-6}$ Nm

২য় বর্তনীর উপর ঘূর্ণন বল,

$\tau_2 = NIA_2 B \sin\theta$

$= 1 \times 4 \times 0.25 \times 4 \times 10^{-6} \times \sin 60°$

$= 3.46 \times 10^{-6}$ Nm

∴ ১ম বর্তনীতে ঘূর্ণনবল বেশি হবে।

দেয়া আছে,
পরিধি, c = 2m
∴ বৃত্তের ক্ষেত্রফল,
$A_c = \pi\left(\frac{2}{2\pi}\right)^2 = 0.318\ m^2$
বর্গের ক্ষেত্রফল,
$A_s = \left(\frac{2}{4}\right)^2 = 0.25\ m^2$
তড়িৎ প্রবাহ, I = 4A
ক্ষেত্রফল ও চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যবর্তী কোণ,
$\theta = 90° - 30° = 60°$
কুণ্ডলী সংখ্যা, N = 1

প্রশ্ন ▶৪০ 20C মানের একটি চার্জ $(\hat{i} + \hat{k})ms^{-1}$ বেগে একটি তড়িৎক্ষেত্র $\hat{E} = (\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k})NC^{-1}$ এর মধ্যে গতিশীল। একই স্থানে চৌম্বক ক্ষেত্র $B = (2\hat{i} + 3\hat{j})$ বিদ্যমান।

[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

ক. চৌম্বক প্রবেশ্যতা কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ শক্তির সৃষ্টি নয় বরং শক্তির রূপান্তর— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বলের মান বের করো। ৩

ঘ. গতিশীল চার্জের উপর ক্রিয়াশীল লরেঞ্জ বল পৃথকভাবে তড়িৎবল ও চৌম্বকবল অপেক্ষা বৃহত্তর হয়। উদ্দীপকের আলোকে উক্তির সত্যতা যাচাই করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থের যে বিশেষ গুণের জন্য এক পদার্থ অপেক্ষা অন্য পদার্থের ভেতর দিয়ে চৌম্বক বলরেখা সহজে যেতে পারে তাকে চৌম্বক প্রবেশ্যতা বলে।

খ তাড়িত চৌম্বক আবেশের ফলে দেখা যায় যে, কোনো বদ্ধ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তির উৎস ছাড়াই তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়। আপাত দৃষ্টিতে মনে হয় এখানে নতুন শক্তি সৃষ্টি হচ্ছে অর্থাৎ শক্তির নিত্যতা সূত্র লঙ্ঘিত হচ্ছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তাড়িত চৌম্বক আবেশে কোনো নতুন শক্তি সৃষ্টি হয় না। বরং চৌম্বক ক্ষেত্র পরিবর্তন করতে যে যান্ত্রিক শক্তি প্রয়োজন হয়, সেই শক্তিই তড়িচ্চালক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

গ 20C চার্জটির ওপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বল, F হলে,

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$
$$= 20(\hat{i} + \hat{k}) \times (2\hat{i} + 3\hat{j})$$
$$= 20 \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 3 & 0 \end{vmatrix} N$$
$$= 20(-3\hat{i} + 2\hat{j} + 3\hat{k})N$$
$$= -60\hat{i} + 40\hat{j} + 60\hat{k}$$

এখানে,
চার্জ, $q = 20C$
বেগ, $\vec{v} = (\hat{i} + \hat{k})ms^{-1}$
চৌম্বক ক্ষেত্র, $\vec{B} = (2\hat{i} + 3\hat{j})T$

$$\therefore |\vec{F}| = \sqrt{(-60)^2 + (40)^2 + (60)^2}\ N$$
$$= 93.8\ N$$

ঘ 'গ' থেকে পাই,

গতিশীল আধানের উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বল, $F_m = (60\hat{i} + 40\hat{j} + 60\hat{k})N$

গতিশীল আধানের উপর ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল, F_e হলে,

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$
$$= 20(\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k})N$$
$$= (20\hat{i} + 20\hat{j} - 40\hat{k})N$$

এখানে,
চার্জ, $q = 20C$
তড়িৎ ক্ষেত্র, $\vec{E} = (\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k})NC^{-1}$

গতিশীল আধানের ওপর ক্রিয়াশীল লরেঞ্জ বল, $\vec{F}$ হলে,

$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_B = [20\hat{i} + 20\hat{j} - 40\hat{k} - 60\hat{i} + 40\hat{j} + 60\hat{k}]N$$
$$= [-40\hat{i} + 60\hat{j} + 20\hat{k}]N$$

∴ গতিশীল আধানের ওপর ক্রিয়ারত তড়িৎ বলের মান,

$$|F_e| = |20\hat{i} + 20\hat{j} - 40\hat{k}|$$
$$= \sqrt{20^2 + 20^2 + (-40)^2}$$
$$= 48.99\ N$$

গতিশীল আধানের ওপর ক্রিয়ারত চৌম্বক বলের মান = 93.8 N ['গ' অংশ হতে পাই]

গতিশীল আধানের ওপর ক্রিয়ারত লরেঞ্জ বলের মান,

$$|F| = \sqrt{(-40)^2 + (60)^2 + (20)^2}$$
$$= 74.83\ N$$

এখানে, গতিশীল আধানের ওপর ক্রিয়ারত লরেঞ্জ বল তড়িৎ বল অপেক্ষা বড় হলেও চৌম্বক বল অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর।

অতএব, উদ্দীপকের আলোকে বলা যায় গতিশীল চার্জের ওপর ক্রিয়াশীল লরেঞ্জ বল পৃথকভাবে তড়িৎ বল ও চৌম্বক বল অপেক্ষা বৃহত্তর হবে– উক্তিটি যুক্তিযুক্ত নয়।

প্রশ্ন ▶৪১ 10C মানের একটি চার্জ $\vec{v} = (\hat{i} + \hat{j})\ ms^{-1}$ বেগে এমন একটি স্থানে বিচরণ করে যেখানে একটি তড়িৎ ক্ষেত্র $\vec{E} = (\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k})\ NC^{-1}$ এবং $\vec{B} = (2\hat{i} + 3\hat{j})\ Wbm^{-2}$ চৌম্বক ক্ষেত্র বিদ্যমান।

[নীলফামারী সরকারি কলেজ]

ক. অ্যাম্পিয়ারের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. কোনো পরিবাহীর প্রবাহ ঘনত্ব $5Am^{-2}$ বলতে কী বোঝ? ২

গ. চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল লরেঞ্জ বলের মান পৃথকভাবে তড়িৎ বল ও চৌম্বক বলের মান অপেক্ষা বৃহৎ হবে কি না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বদ্ধপথ বরাবর কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের রৈখিক সমাকলন, পথটি দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত মোট তড়িৎ প্রবাহমাত্রা এবং শূন্য মাধ্যমের চৌম্বক প্রবেশ্যতার গুণফলের সমান।

খ কোনো পরিবাহীর প্রবাহ ঘনত্ব $5Am^{-2}$ বলতে বোঝায়- পরিবাহীর একক প্রস্থচ্ছেদের $(1m^2)$ ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে লম্বভাবে 5 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে।

গ দেওয়া আছে,

চার্জের পরিমাণ, $q = 10C$

চার্জের বেগ, $\vec{v} = (\hat{i} + \hat{j})\ ms^{-1}$

চৌম্বক ক্ষেত্র, $\vec{B} = (2\hat{i} + 3\hat{j})T$

চৌম্বক বল, $\vec{F_B} = ?$

আমরা জানি, $\vec{F_B} = q(\vec{v} \times \vec{B})$

এখানে, $\vec{v} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 0 \end{vmatrix} = \hat{i}(0-0) - \hat{j}(0-0) + \hat{k}(3-2) = \hat{k}$

$\therefore \vec{F_B} = 10(\hat{k})$

বা, $|\vec{F_B}| = \sqrt{10^2}$

$\therefore |\vec{F_B}| = 10N$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

চার্জের পরিমাণ, $q = 10C$

তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্য, $\vec{E} = (\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k})\ NC^{-1}$

আমরা জানি,

তড়িৎ বল, $\vec{F_E} = q\vec{E}$
$$= 10(\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k})$$
$$= 10\hat{i} + 10\hat{j} - 20\hat{k}$$

বা, $F_E = \sqrt{10^2 + 10^2 + (-20)^2}$

$\therefore F_E = 24.495\ N$

(গ) হতে প্রাপ্ত চৌম্বক বল, $\vec{F_B} = 10\hat{k}\ N$

আবার,

লরেঞ্জ বল, $\vec{F_L} = \vec{F_B} + \vec{F_E} = 10\hat{k} + 10\hat{i} + 10\hat{j} - 20\hat{k}$
$$= 10\hat{i} + 10\hat{j} - 10\hat{k}$$

বা, $\vec{F_L} = 10\hat{i} + 10\hat{j} - 10\hat{k}$

$\therefore F_L = \sqrt{(10)^2 + 10^2 + (-10)^2}$
$= 17.321\ N$

লরেঞ্জ বল হল তড়িৎ বল ও চৌম্বক বলের লব্ধি। দুটির ভেক্টর রাশির লব্ধির মান পৃথকভাবে ভেক্টর দুটি থেকে সর্বদা বড় হবে এমনটি নয়। উপরের গাণিতিক হিসাবও সে কথাই প্রমাণ করে।

সুতরাং, উদ্দীপকের ক্ষেত্রে, গতিশীল চার্জের ওপর ক্রিয়াশীল লরেঞ্জ বল পৃথকভাবে তড়িৎ বল ও চৌম্বক বল অপেক্ষা বৃহত্তর হবে এ কথাটি সত্য নয়।

প্রশ্ন ▶ ৪২ নিরদ একটি লম্বা তারকে অনুভূমিকভাবে দু-প্রান্ত আটকিয়ে এর মধ্যদিয়ে 100A বিদ্যুৎ প্রবাহিত করল। তারটির ঠিক উপরে এবং এর সাথে সমান্তরালে অপর একটি তার বেঁধে এর মধ্যদিয়ে 50A বিদ্যুৎ প্রবাহিত করল। দ্বিতীয় তারটির একক দৈর্ঘ্যে ওজন $0.08 Nm^{-1}$। শূন্য মাধ্যমের চৌম্বক প্রবেশ্যতা $4\pi \times 10^{-2} TmA^{-1}$।

[নরসিংদী মডেল কলেজ]

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. রাজশাহীতে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের আনুভূমিক প্রাবল্য 29Am বলতে কী বুঝায়? ২

গ. ১ম তার হতে 1cm দূরত্বে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত? ৩

ঘ. নিরদ দ্বিতীয় তারটিকে চৌম্বক বিকর্ষণ দ্বারা শূন্যে স্থির রাখতে কি ব্যবস্থা নিতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ রাজশাহীতে ভূ-চৌম্বকক্ষেত্রের অনুভূমিক প্রাবল্য $29Am^{-1}$ বলতে বুঝায়, রাজশাহীতে 1C আধান চৌম্বক মধ্যতলের সমকোণে অনুভূমিক বরাবর $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে আধানটি চৌম্বক ক্ষেত্রের জন্য উলম্ব বরাবর 29N বল অনুভব করবে।

গ এখান,

১ম তারটির তড়িৎ প্রবাহ, $I = 100A$

বিন্দুর দূরত্ব, $a = 1cm = 0.01m$

শূন্য মাধ্যমে চৌম্বক প্রবেশ্যতা, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} TmA^{-1}$

চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = ?$

আমরা জানি,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

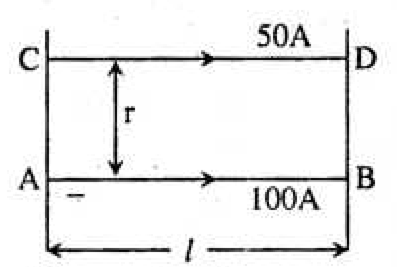
$$\therefore \quad B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100}{2\pi \times 0.01} = 2 \times 10^{-3} T \quad \textbf{(Ans.)}$$

ঘ

এখানে,

AB এর তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = 100A$

CD এর তড়িৎ প্রবাহ, $I_2 = 50A$



এখানে CD তারের অর্থাৎ ২য় তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ওজন $0.08 Nm^{-1}$। শূন্য স্থির থাকতে হলে তারটিকে উপরের ব্যবস্থা থেকে তার ওজনের সমান বল লাভ করতে হবে।

মনে করি, তার দুটি পরস্পর r দূরত্বে থাকলে CD তার $0.08 Nm^{-1}$ বল লাভ করবে।

এখন, CD এর প্রতি একক দৈর্ঘ্যে বল,

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_1}{2\pi r}$$

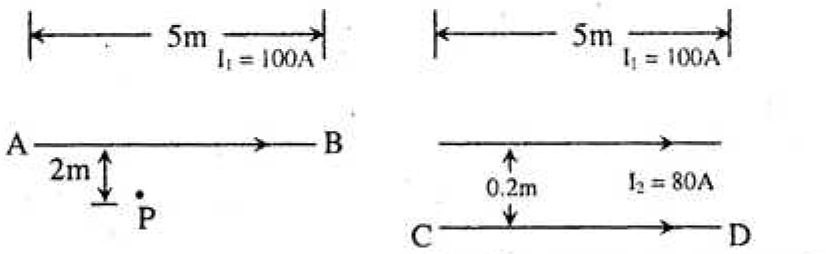
$$\text{বা, } r = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi F}$$

$$\text{বা, } r = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 50}{2\pi \times 0.08} = 0.0125 \text{ m}$$

$$\therefore \quad r = 12.5 \text{ mm}$$

অর্থাৎ, তার দুটি পরস্পর 12.5mm দূরে থাকলে এটি শূন্যে স্থির থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৩



[সরকারী তোলারাম কলেজ, নারায়ণগঞ্জ]

ক. হল ক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. ট্রান্সফরমার DC প্রবাহে ব্যবহার করা হয় না কেন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র (i) এ P বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চিত্র (ii) এ CD তারের ভর 4.0816 gm হলে তারটি অভিকর্ষীয় ক্ষেত্রে স্থির থাকবে কি না– গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন পাত আকৃতির তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর দুই বিপরীত পৃষ্ঠে একটি বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। এ ঘটনাকে হল ক্রিয়া বলে।

খ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে যদি DC ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তাহলে কোরের মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বকফ্লাক্স অতিক্রম করবে। তখন $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ হওয়ায় তাড়িৎ চৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে $\left(\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}\right)$ গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মান শূন্য। এ কারণে ট্রান্সফর্মার দ্বারা DC ভোল্টেজের মান পরিবর্তন করা যায় না। তাই ট্রান্সফর্মারে DC ভোল্টেজ ব্যবহার করা হয় না।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $100\mu T_1$

ঘ এখানে,

CD তারের ভর, $m = 4.0816 \text{ gm} = 4.0816 \times 10^{-3} \text{ kg}$

CD তারের তড়িৎপ্রবাহ, $I_1 = 80A$

AB তারের তড়িৎপ্রবাহ, $I_2 = 100A$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 0.2$ m

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 ms^{-2}$

তারের দৈর্ঘ্য, $l = 5m$

চৌম্বক প্রবেশ্যতা, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} TmA^{-1}$

CD পরিবাহকের সম্পূর্ণ দৈর্ঘ্যের উপর প্রযুক্ত বল, F′

$$\text{সুতরাং,} \quad F' = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} l$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 80 \times 100}{2\pi \times 0.2} \times 5m$$

$$\therefore \quad F' = 0.04 \text{ N}$$

যেহেতু তারদ্বয়ের মধ্যদিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে, সুতরাং এদের মধ্যকার বল হবে আকর্ষণধর্মী।

CD তারের ওপর অভিকর্ষীয় বল,

$F = mg$

বা, $F = 4.0816 \times 10^{-3} \times 9.8$

$\therefore F = 0.04\ N$

সুতরাং, $F' = F$

অর্থাৎ, CD তারটি অভিকর্ষীয় ক্ষেত্রে স্থির থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

বিষুবীয় অঞ্চলে একটি কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের চুম্বকের দোলনকাল 2sec যার জড়তার ভ্রামক $2 \times 10^{-5}kg - m^2$। অঞ্চলটিতে চৌম্বকক্ষেত্রের অনুভূমিক উপাংশের মান 29μT। একই দণ্ড চুম্বক উত্তর মেরুতে দোলনকাল নির্ণয় করা হল; যেখানে চৌম্বকক্ষেত্রের অনুভূমিক উপাংশ 32μT। *[মহীপুর হাজী মহসিন সরকারি কলেজ]*

ক. তাপগতীয় চলক কাকে বলে? ১

খ. n type সেমিকন্ডাক্টর কীভাবে তৈরি করা হয়ে থাকে? ২

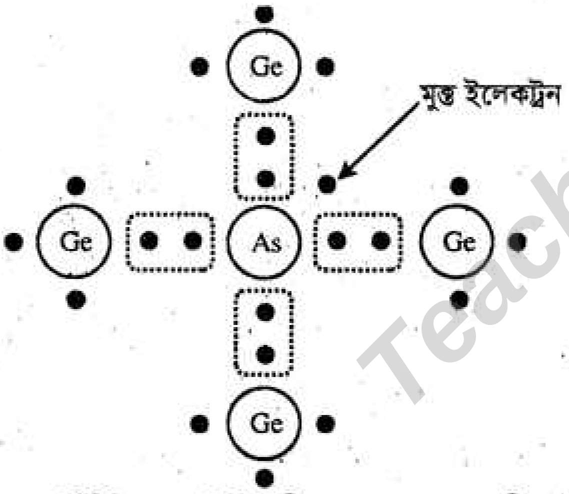
গ. বিষুবীয় অঞ্চলে দণ্ড চুম্বকের চৌম্বক ভ্রামক কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের দণ্ড চুম্বকটির উত্তর মেরুতে নেয়ার ফলে দোলনকাল বাড়বে না কমবে তা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল ভৌত রাশির মান দ্বারা একটি তাপগতীয় ব্যবস্থার যেকোনো মুহূর্তের দশা বা অবস্থা প্রকাশ করা যায় এবং যে সকল রাশির যেকোনটির পরিবর্তন দ্বারা সিস্টেমের দুটি ভিন্ন সময়ের অবস্থার ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয়। তাকেই তাপগতীয় চলক। গ্যাসের ক্ষেত্রে এই চলকগুলো হলো : চাপ (P) আয়তন (V) তাপমাত্রা (T)

খ



জার্মেনিয়াম বা সিলিকন অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে পঞ্চযোজী মৌল মিশিয়ে n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তৈরি করা হয়। পঞ্চযোজী এন্টিমনি বা আর্সেনিক বিশেষ প্রক্রিয়ায় উচ্চতাপে মেশানো হয়। মেশানোর সময় অপদ্রব্যের পরিমাণ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যেন এর পরমাণুগুলো জার্মেনিয়াম বা সিলিকন কেলাসের মূল কাঠামোর কোনো পরবর্তন না ঘটিয়ে কেলাস জাফরির অন্তর্ভুক্ত হয়ে যায়। এন্টিমনি বা আর্সেনিকের 5টি যোজন ইলেকট্রনের 4টি জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের 4টি যোজন ইলেকট্রনের অংশীদার হয়ে বা পাশাপাশি অবস্থানের মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন তৈরি করে। প্রতিটি আর্সেনিক বা এন্টিমনি পরমাণুর একটি ইলেকট্রন উদ্বৃত্ত থাকে এবং ঐ ইলেকট্রন কেলাসের মধ্যে স্বাধীনভাবে ঘুরে বেড়াতে পারে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে প্রতিটি অপদ্রব্য পরমাণু একটি করে মুক্ত ইলেকট্রন দান করে। তাই অপদ্রব্য পরমাণুকে এক্ষেত্রে দাতা পরমাণু বলা হয়। এছাড়া তাপীয় উত্তেজনার জন্য কিছু বন্ধন ভেঙে সমসংখ্যক ইলেকট্রন ও হোল তৈরি হয়। সুতরাং n- টাইপ অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রন ও হোল উভয়েরই উপস্থিতি থাকে। কিন্তু ইলেকট্রনের সংখ্যা হোলের তুলনায় বহুগুণ বেশি থাকে। এভাবে গঠিত কেলাসে প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে প্রায় 10^{17} সংখ্যক স্বাধীন ইলেকট্রন থাকে। তড়িৎ পরিবহনে ঋণাত্মক ইলেকট্রনই মুখ্য ভূমিকা পালন করে বলে এগুলোকে 'সংখ্যাগুরু বা গরিষ্ঠ বাহক' বলে। ধনাত্মক হোল তড়িৎ পরিবহনে গৌণ ভূমিকা পালন করে এবং এগুলোকে 'সংখ্যালঘু বা লঘিষ্ঠ বাহক' বলা হয়।

গ বিষুবীয় অঞ্চলে চৌম্বক ভ্রামক M ও ম্যাগনেটোমিটারের দোলনকাল, T হলে,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$

$$\text{বা, } M = 4\pi^2\frac{I}{T^2H}$$

$$= 4\pi^2 \times \frac{2 \times 10^{-5}}{2^2 \times 29 \times 10^{-6}}$$

$$= 6.81\ Am^2\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
জড়তার ভ্রামক, $I = 2 \times 10^{-5}kgn^2$
দোলনকাল, $T = 2\ sec$
চৌম্বকক্ষেত্রের অনুভূমিক উপাংশ,
$H = 29\ \mu T = 29 \times 10^{-6}T$

ঘ উত্তর মেরুতে চৌম্বকক্ষেত্রের অনুভূমিক উপাংশ H_2 ও বিষুবীয় অঞ্চলে H_1 হলে,

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{I}{MH_2}}}{2\pi\sqrt{\frac{I}{MH_1}}}$$

$$= \sqrt{\frac{H_1}{H_2}}$$

$$\therefore T_2 = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \times T_1$$

$$= \sqrt{\frac{29 \times 10^{-6}}{32 \times 10^{-6}}} \times 2$$

$$= 1.904\ sec$$

$$\therefore T_1 < T_2$$

এখানে,
বিষুবীয় অঞ্চলে, $H_1 = 29\mu T$
উত্তর মেরুতে, $H_2 = 32\mu \Gamma$

সুতরাং, উত্তর মেরুতে চুম্বকের দোলনকাল কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ P ও Q কয়েলের পাক সংখ্যা যথাক্রমে 200 এবং 1000। 2A তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে P ও Q এর মধ্যে দিয়ে উৎপন্ন চৌম্বক ফ্লাক্স যথাক্রমে 2.4×10^{-4} Wb এবং 1.6×10^{-4} Wb. *[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]*

ক. লেঞ্জের সূত্রটি লিখ। ১

খ. দুটি কয়েলের পারস্পরিক আবেশ 1 Henry বলতে কি বোঝায়? ২

গ. P কয়েলের স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক বের কর। ৩

ঘ. যদি 0.4s এর মধ্যে P এর তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করা হয় তাহলে Q এর মধ্যে কত তড়িচ্চালক বল আবেশিত হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো তড়িৎ চৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা প্রবাহের দিক এমন হয় যে, তা সৃষ্টি হওয়া মাত্রই যে কারণে সৃষ্টি হয় সেই কারণকেই বাধা দেয়।

খ 'পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক 1 হেনরি'— এর অর্থ দুটি কুণ্ডলীর একটির মধ্যদিয়ে $1\ As^{-1}$ হারে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন ঘটলে যদি গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি 1V হয়, তবে কুণ্ডলীদ্বয়ের পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক হবে 1 হেনরি।

গ এখানে,
P এর পাক সংখ্যা, $n_p = 200$
P এর চৌম্বক ফ্লাক্স, $\varphi_p = 2.4 \times 10^{-4}$ Wb
তড়িৎ প্রবাহ, $I = 2$ A
P এর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক, $L_p = ?$
আমরা জানি, $n_p \varphi_p = L_p I$
বা, $L_p = \frac{n_p \varphi_p}{I} = \frac{200 \times 2.4 \times 10^{-4}}{2} = 0.024$ H **(Ans.)**

ঘ এখানে,
Q এর পাক সংখ্যা, $N_Q = 1000$
তড়িৎ প্রবাহ, $I = 2$ A
Q এর চৌম্বক ফ্লাক্স, $\varphi_Q = 1.6 \times 10^{-4}$ Wb
P এর চৌম্বক ফ্লাক্স, $\varphi_P = 2.4 \times 10^{-4}$ Wb
সময়, $dt = 0.4$ s
মনে করি, Q এর মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎচ্ছালক শক্তি $\in_Q$
আমরা জানি, $\in = - N_P N_Q \frac{d\varphi_P}{dt}$
বা, $\in = 200 \times 1000 \times \frac{2.4 \times 10^{-4} - 0}{0.4}$
$\therefore \in = 120$ V
সুতরাং Q এর মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎচ্ছালক শক্তি 120 V

প্রশ্ন ▶ ৪৬ 2cm চ্যাপ্টা এবং 1mm পুরু একটি রূপার পাতকে 1.5Wbm^{-2} চৌম্বক প্রাবল্যের একটি চৌম্বক ক্ষেত্রে এমনভাবে স্থাপিত করা আছে যাতে পাতটির তল এবং চৌম্বক প্রাবল্যের অভিমুখ পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। পাতটির মধ্যদিয়ে 200Aতড়িৎ প্রবাহিত হলে প্রস্থের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। পাতটির মধ্যে প্রতি একক আয়তনে 7.4×10^{28} সংখ্যক মুক্ত ইলেক্ট্রন আছে।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ, কুমিল্লা]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১
খ. সমবিভব তলে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না কেন? ২
গ. পাতটির হল বিভব কত? ৩
ঘ. তড়িৎ প্রবাহ এক-তৃতীয়াংশ করা হলে হল ক্রিয়ার পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুর যে কোনো একটি চার্জের মান এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে দ্বি-মেরু ভ্রামক বলে।

খ কোনো তল যদি এরূপ হয় যে, তার সর্বত্র বিভব সমান তবে ঐ তলকে সমবিভব তল বলে।
যেহেতু একটি সমবিভব তলের যে কোনো দুইটি বিন্দুর বিভব সমান, ফলে ঐ তলের যে কোনো দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য শূন্য। অর্থাৎ কোনো আধানকে সমবিভব তলের যে কোনো এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে নিতে কোনো কাজের প্রয়োজন হয় না।
আবার, কোনো তলে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার পূর্বশর্ত হচ্ছে বিভব পার্থক্য এবং উচ্চ বিভব বিন্দু থেকে নিম্ন বিভবের বিন্দুতে তড়িৎ প্রবাহিত হয় উভয়ের বিভব পার্থক্য শূন্য করার উদ্দেশ্যে। কিন্তু সমবিভব তলে বিভব পার্থক্য শূন্যই থাকে তাই এতে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না।

গ দেওয়া আছে,
তড়িৎ প্রবাহ, $I = 200$A
চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = 1.5 \text{ wbm}^{-2}$
পরিবাহীর পুরুত্ব, $t = 10 \text{ mm} = 10 \times 10^{-3}$m
একক আয়তনে মুক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা, $n = 7.4 \times 10^{28} \text{m}^{-3}$
ইলেকট্রনে চার্জ, $q = 1.6 \times 10^{-19}$C
হল বিভব, $V_H = ?$
আমরা জানি,
$$V_H = \frac{BI}{ntq}$$
$$\text{বা, } V_H = \frac{1.5 \times 200}{7.4 \times 10^{28} \times 10 \times 10^{-3} \times 1.6 \times 10^{-9}}$$
$\therefore V_H = 2.53 \times 10^{-5}$V **(Ans.)**

ঘ এখানে,
চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = 1.5 \text{ wbm}^{-2}$
পরিবাহীর পুরুত্ব, $t = 1\text{mm} = 1 \times 10^{-3}$m
একক আয়তনে মুক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা, $n = 7.4 \times 10^{28} \text{m}^{-3}$
তড়িৎ প্রবাহ এক তৃতীয়াংশ অর্থাৎ $\frac{200}{3} = 66.67$ A করা হলে এবং হল বিভব V_H' হলে,
আমরা জানি,
$$V_H = \frac{BI}{ntq}$$
$$V_H' = \frac{BI'}{ntq}$$
$$\therefore \frac{V_H'}{V_H} = \frac{I'}{I} = \frac{1}{3}$$
অতএব, প্রবাহ এক তৃতীয়াংশ হলে হল বিভবও এক-তৃতীয়াংশ হয়ে যাবে।
যেহেতু, $E = \frac{V_H}{d}$
$\therefore E' = \frac{1}{3}E$ হলে, অর্থাৎ হল তড়িৎ ক্ষেত্রও এক-তৃতীয়াংশ হবে।

চতুর্থ অধ্যায় : তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া ও চুম্বকত্ব

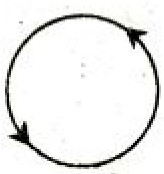
১২১. S.I. পদ্ধতিতে চৌম্বক ক্ষেত্রের একক কোনটি? (জ্ঞান)
ক Tesla খ Wb/m
গ Wb ঘ Tesla/m ক

১২২. চুম্বকের বাইরে চুম্বক আবেশ রেখার অভিমুখ কোনদিকে? (জ্ঞান)
ক উত্তর মেরু → দক্ষিণ মেরু
খ দক্ষিণ মেরু → উত্তর মেরু
গ উত্তর মেরু → পূর্ব মেরু
ঘ দক্ষিণ মেরু → পশ্চিম মেরু ক

১২৩. বিয়ো-স্যাভা সূত্রের সমানুপাতিক ধ্রুবক k এর মান শূন্য মাধ্যমে কত? (প্রয়োগ)
ক $4\pi \times 10^{-7}$ Tm.A^{-1}
খ 10^{-7} T.m.A^{-1}
গ $4\pi \times 10^{-7}$ TA^{-1} ঘ 10^{-7}TA^{-1} খ

১২৪. I মানের তড়িৎবাহী লম্বা সোজা পরিবাহীর তার হতে a দূরত্বে স্থাপিত কোনো বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত? (প্রয়োগ)
ক $\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$ খ $\frac{\mu_0 I}{4\pi a}$
গ $\frac{\mu_0 I^2}{2\pi a}$ ঘ $\frac{\mu_0 I^2}{4\pi a}$ ক

১২৫. 100 পাকের এবং 15cm ব্যাসের একটি তড়িৎবাহী কুণ্ডলীতে 5A মানের তড়িৎপ্রবাহের কারণে কেন্দ্রে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত? (প্রয়োগ)
ক 4.2 mT খ 4.2μT
গ 4.2nT ঘ 4.2pT ক

১২৬.


চিত্রের এক পাকের কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহের দরুন কুণ্ডলীর কেন্দ্রে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক কোনটি? (প্রয়োগ)
ক কাগজ পৃষ্ঠের লম্ব বরাবর উপর দিকে
খ কাগজ পৃষ্ঠের লম্ব বরাবর নিচের দিকে
গ বাম দিক বরাবর ঘ ডান দিক বরাবর ক

১২৭. r দূরত্বের দুটি সমান্তরাল তারে I_1 ও I_2 মানের প্রবাহ একই দিকে চললে এদের প্রতি একক দৈর্ঘ্যে বিকর্ষণ বলের মান কত হবে? (প্রয়োগ)
ক $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{\pi r}$ খ $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$
গ $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{3\pi r}$ ঘ $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi r}$ খ

১২৮. একটা লম্বা সোজা তারের মধ্যে দিয়ে 6amp তড়িৎপ্রবাহ চললে উক্ত তার থেকে 0.03m দূরে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত? (প্রয়োগ)
ক 30μWb/m^2 খ 40μWb/m^2
গ 50μWb/m^2 ঘ 60μWb/m^2 খ

১২৯. অ্যাম্পিয়ারের সূত্রের গাণিতিক রূপ— [আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক $\oint \vec{B}.\vec{I} = \mu_0 I$ খ $\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 I$
গ $\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0$ ঘ $\oint \vec{B}.\vec{dr} = \mu_0 I$ খ

১৩০. হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারদিকে 5.3×10^{-11}m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে 2.2×10^6m. s^{-1} বেগে ঘুরে কেন্দ্রে 12.53 Wb.m^{-2} ফ্লাক্স ঘনত্ব উৎপন্ন করে। ইলেকট্রনের চার্জ কত? (প্রয়োগ)
ক 1.60×10^{-19}C খ 2.60×10^{-19}C
গ 3.60×10^{-19}C ঘ 4.60×10^{-19}C ক

১৩১. চৌম্বক বল ও তড়িৎ বলের ভেক্টর সমষ্টি কোনটি? (জ্ঞান)
ক লরেঞ্জ বল খ ফ্যারাডে বল
গ অ্যাম্পিয়ার বল ঘ লেঞ্জের বল ক

১৩২. হল বিভব পার্থক্যের রাশিমালা কোনটি? (প্রয়োগ)
ক $V = \frac{Bvd}{2}$ খ $V = 2Bvd$
গ $V = Bvd$ ঘ $V = \sqrt{B}vd$ গ

১৩৩. একটি বর্তনীতে ৫টি সমান আকারের পাক আছে। প্রতিটি পাকের ক্ষেত্রফল 0.02m^2। বর্তনীর মধ্য দিয়ে 3amp বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে এর চৌম্বক ভ্রামকের মান কত হবে? (প্রয়োগ)
ক 0.1 amp m^2 খ 0.2 amp-m^2
গ 0.3 amp-m^2 ঘ 0.4 amp-m^2 গ

১৩৪. চৌম্বক দৈর্ঘ্য জ্যামিতিক দৈর্ঘ্যের কত গুণ? [কালিকাপুর আবদুল মতিন খসরু ডিগ্রি কলেজ, কুমিল্লা] (জ্ঞান)
ক 1 খ 0.5
গ 0.65 ঘ 0.85 ঘ

১৩৫. পৃথিবীর চৌম্বক অক্ষ তার ভৌগোলিক অক্ষের সাথে কত ডিগ্রী কোণ করে আছে? (জ্ঞান)
ক 16° খ 18°
গ 20° ঘ 22° খ

১৩৬. বিষুবীয় অঞ্চলে ভূচৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত? (জ্ঞান)
ক 30μT খ 60μT
গ 40μT ঘ 20μT ক

১৩৭. ভূ-চৌম্বকত্বের মৌলিক উপাদান কয়টি? (জ্ঞান)
ক ২ খ ৩
গ ৪ ঘ ৫ খ

১৩৮. কোনো স্থানের ভূ-চৌম্বকক্ষেত্রের অনুভূমিক উপাংশের মান 30μT এবং বিনতি 60°। ঐ স্থানের ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব উপাংশের মান কত? (প্রয়োগ)
ক 21.96μT খ 31.96μT
গ 41.9μT ঘ 51.96μT ঘ

১৩৯. দুটি তড়িৎবাহী সমান্তরাল পরিবাহীর মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের ক্ষেত্রে — (অনুধাবন)
i. প্রবাহ দুটি সমমুখী হলে পরিবাহীদ্বয় পরস্পরকে আকর্ষণ করে
ii. প্রবাহদ্বয় বিপরীতমুখী হলে পরিবাহীদ্বয় পরস্পরকে বিকর্ষণ করে
iii. বেশি প্রবাহের পরিবাহীটির ওপর বেশি মানের বল ক্রিয়া করবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

১৪০. সলিনয়েডের তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করলে এর মধ্যে সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের— (অনুধাবন)

i. দিক ফ্লেমিং এর ডান হস্ত নিয়ম অনুসারে পাওয়া যায়
ii. দ্বারা সৃষ্ট চৌম্বক বল রেখাগুলো সলিনয়েডের লম্ব বরাবর ক্রিয়া করে
iii. দ্বারা সৃষ্ট চৌম্বক বল রেখা প্রায় সরল রেখা আকারের হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **খ**

১৪১. গতিশীল চার্জের ওপর চৌম্বক বল নির্ভর করে— (অনুধাবন)

i. আধান বাহকের আধান ও গতিবেগের ওপর
ii. চৌম্বক ক্ষেত্রের মানের ওপর
iii. আধান বাহকের ভরের ওপর

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ক**

১৪২. চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপিত একটি তড়িৎবাহী পরিবাহীর ওপর ক্রিয়াশীল বলের রাশিমালা— [কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া] (প্রয়োগ)

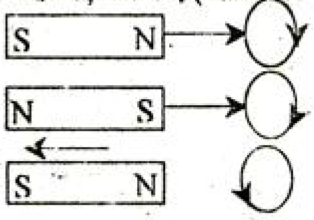
i. $F = I\ell B\sin\theta$ ii. $\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$
iii. $F = qvB\sin\theta$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ক**

১৪৩. নিচের চিত্রগুলো লক্ষ্য কর: [অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল] (প্রয়োগ)

i. ii. iii.



নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **খ**

১৪৪. কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক উপাংশ 31.85μT এবং উল্লম্ব উপাংশ 47.77μT হলে ঐ স্থানে— (প্রয়োগ)

i. চৌম্বক ক্ষেত্রের মান 57.41μT
ii. বিচ্যুতি মান 33°42
iii. বিনতির মান 56°18

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **খ**

১৪৫. বহিঃচৌম্বক ক্ষেত্রে ডায়াচৌম্বক পদার্থ রাখলে— (অনুধাবন)

i. ইলেকট্রনের কক্ষীয় গতিতে কিছু পরিবর্তন সাধিত হয়
ii. বহিঃক্ষেত্রের বিপরীত দিকে পদার্থটিতে চুম্বকায়ন ঘটে
iii. পদার্থের অভ্যন্তরীণ চৌম্বকক্ষেত্র বহিঃক্ষেত্রের তুলনায় দুর্বল মানের হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ঘ**

১৪৬. প্যারচৌম্বক পদার্থকে চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখলে— (উচ্চতর দক্ষতা)

i. পদার্থের মধ্যে দুর্বল চুম্বকত্ব আবিষ্ট হয়
ii. আবিষ্ট চুম্বকায়নের অভিমুখ আএবশী ক্ষেত্রের অভিমুখ বরাবর হয়
iii. অণুচুম্বকগুলোর বহিঃস্থ চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের লম্ব বরাবর সজ্জিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ক**

১৪৭. ফেরো চৌম্বক পদার্থকে উত্তপ্ত করা হলো— (অনুধাবন)

i. চুম্বক ডোমেইন ভেঙ্গে যায়
ii. অণুচুম্বকগুলো সুসজ্জিত হয়
iii. প্যারাচৌম্বক পদার্থে পরিণত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **খ**

উদ্দীপকটি পড়ে ১৪৮ ও ১৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
একটি তড়িৎবাহী বৃত্তাকার তার কুন্ডলীর ব্যাসার্ধ 31.4 $\times 10^{-2}$m, পাকসংখ্যা 400, তারটিতে 5×10^{-7} amp মানের তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

১৪৮. কুন্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব কত? (প্রয়োগ)

ক 1×10^{-10}Wb/m^2 খ 2×10^{-10}Wb/m^2
গ 3×10^{-10}Wb/m^2 ঘ 4×10^{-10}Wb/m^2 **ঘ**

১৪৯. কুন্ডলীর কেন্দ্রে 3cm^2 ক্ষেত্রফলের মধ্যে দিয়ে কতটুকু ফ্লাক্স অতিক্রম করবে? (প্রয়োগ)

ক 1.0×10^{-13}Wb   খ 1.2×10^{-13} Wb
গ 1.4×10^{-13} Wb   ঘ 1.6×10^{-13} Wb   **খ**

উদ্দীপকটি পড়ে ১৫০ ও ১৫১ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
3.14m লম্বা একটি ঋজু তারের মধ্যে দিয়ে 4A তড়িৎপ্রবাহ চলছে।

১৫০. তারটি থেকে 3cm দূরে একটি ইলেকট্রন তারের সমান্তরালে কিন্তু প্রবাহের বিপরীত দিকে 3×10^5ms^{-1} বেগে চলছে। ইলেকট্রনটি কত বল অনুভব করবে? (প্রয়োগ)

ক 5.76×10^{-18}N   খ 3.84×10^{-18}N
গ 2.56×10^{-18}N   ঘ 1.28×10^{-18}N   **ঘ**

১৫১. তারটিকে 1 পাকের একটি বৃত্তাকার কুন্ডলীতে পরিণত করলে বৃত্তের কেন্দ্রে চৌম্বক আবেশের মান হবে— (প্রয়োগ)

ক 5.02×10^{-6}Wbm^{-2}
খ 4.02×10^{-6}Wbm^{-2}
গ 3.02×10^{-6}Wbm^{-2}
ঘ 2.02×10^{-6}Wbm^{-2} **ক**

উদ্দীপকটি পড়ে ১৫২ ও ১৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
10 পাকের একটি আয়তাকার কুন্ডলী 0.2T চৌম্বক ক্ষেত্রে প্রস্থের মধ্যবিন্দু হতে ঝুলানো আছে। কুন্ডলী তল চৌম্বক ক্ষেত্রের সমান্তরাল। কুন্ডলীর দৈর্ঘ্য 0.1m, প্রস্থ 0.05m এবং এর মধ্য দিয়ে 4A তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

১৫২. কুন্ডলীর চৌম্বক ভ্রামকের মান কত? (প্রয়োগ)

ক 0.1A.m^2 খ 0.2A.m^2
গ 0.3A.m^2 ঘ 0.4A.m^2 **খ**

১৫৩. চৌম্বক ক্ষেত্রে তড়িৎবাহী কুন্ডলীর ওপর ক্রিয়াশীল টর্কের মান কত? (প্রয়োগ)

ক 3×10^{-2} N.m   খ 2×10^{-2}N.m
গ 3×10^{-3}N.m   ঘ 4×10^{-3}N.m   **খ**

এইচ এস সি পদার্থবিজ্ঞান

অধ্যায়-৫: তাড়িতচৌম্বক আবেশ ও পরিবর্তী প্রবাহ

প্রশ্ন ▶১ সায়েম পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষাগারে একটি তার কুণ্ডলী নিয়ে পরীক্ষা করছে। সে 500 পাকের কুণ্ডলীতে 2.5 A তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন পেল 2×10^{-2} Wb। সায়েম ধারণা করছে, কুণ্ডলীতে 2 sec সময় পর্যন্ত তড়িৎ প্রবাহ চালিয়ে সে 8 V আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি পাবে। [রা. বো. ২০১৭]

ক. লরেঞ্জ বল কী? ১

খ. কোনো কুণ্ডলীর চৌম্বক ক্ষেত্রের মান 15T বলতে কী বোঝায়? ২

গ. কুণ্ডলীটির স্বকীয় আবেশ গুণাংক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সায়েমের ধারণার যথার্থতা যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে একই সময়ে একটি তড়িৎক্ষেত্র ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল আধান যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ কোনো কুণ্ডলীর চৌম্বক ক্ষেত্রের মান 15T বলতে বোঝায় চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1 ms^{-1}$ বেগে একটি 1C মানের আধান গতিশীল হলে এর উপর 15N বল ক্রিয়া করবে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

পাক সংখ্যা, N = 500

তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তন, $\Delta i = 2.5A$

চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন, $\Delta \varphi_B = 2 \times 10^{-2}$ Wb

স্বকীয় আবেশ গুণাংক, L = ?

আমরা জানি,

$$N\frac{\Delta\varphi_B}{\Delta t} = L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

বা, $N\,\Delta\varphi_B = L\Delta i$

বা, $L = N\frac{\Delta\varphi}{\Delta I}$

বা, $L = 500 \times \frac{2 \times 10^2}{2.5}$

$\therefore$ L = 4H **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

ফ্লাক্সের পরিবর্তন, $d\varphi = 2 \times 10^{-2}$ Wb

সময়ের পরিবর্তন, dt = 2 সে.

পাক সংখ্যা, N = 500

আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি, E = ?

আমরা জানি,

$$E = -N\frac{d\varphi}{dt}$$

$$বা,\ E = -500 \times \frac{2 \times 10^{-2}}{2}$$

$$= -5V$$

সায়েমের ধারণা ছিল কুণ্ডলীতে 8V তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে আলোচ্য ক্ষেত্রে 5V তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে। অতএব সায়েমের ধারণা যথার্থ নয়।

প্রশ্ন ▶২ একটি দিক পরিবর্তী প্রবাহকে $I = 10 \sin 100\pi t$ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হলো। [রা. বো. ২০১৬]

ক. গোলীয় দর্পণের প্রধান ফোকাস কী? ১

খ. কোনো কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 10V বলতে কী বোঝায়? ২

গ. তড়িৎ প্রবাহের মান শূন্য থেকে শীর্ষমানে পৌছাতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে দেখাও যে, উদ্দীপকে বর্ণিত প্রবাহটি 100Ω রোধের কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে চালনা করলে উত্তাপজনিত শক্তি ক্ষয়ের হার $5000 Js^{-1}$। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গোলীয় দর্পণের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আলোক রশ্মিগুচ্ছ দর্পণে প্রতিফলনের পর প্রধান অক্ষের উপরস্থ যে বিন্দুতে মিলিত হয় (অবতল দর্পণে) অথবা প্রধান অক্ষের উপরস্থ যে বিন্দু হতে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় (উত্তল দর্পণে) ঐ বিন্দুকে উক্ত গোলীয় দর্পণের প্রধান ফোকাস বলে।

খ কোনো কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 10V বলতে বোঝায় 1C আধানকে ঐ কোষ সমেত কোন বর্তনীর একবিন্দু হতে একবার সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে 10 J কাজ সম্পন্ন হয়।

মুক্ত অবস্থায় অর্থাৎ যখন কোন তড়িৎপ্রবাহ চলে না তখন কোষটির দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য হবে 10V।

গ প্রদত্ত সমীকরণ, $I = I_o \sin 100\pi t$ কে $I = I_o \sin \omega t$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$$\omega = 100\pi$$

আমরা জানি,

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\therefore T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{100\pi} = \frac{1}{50} = 0.02s$$

তড়িৎ প্রবাহের মান শূন্য থেকে শীর্ষমানে পৌছাতে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{T}{4} = \frac{0.02}{4} = 5 \times 10^{-3} s\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ এখানে,

রোধ, R = 100Ω

প্রবাহের শীর্ষ মান, $I_o = 10A$

ধরি, উত্তাপ জনিত শক্তি ক্ষয়ের হার = P

আমরা জানি,

$$I_{r.m.s} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_o$$

$$বা,\ I_{r.m.s} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 10$$

$$\therefore I_{r.m.s} = 5\sqrt{2}\ A$$

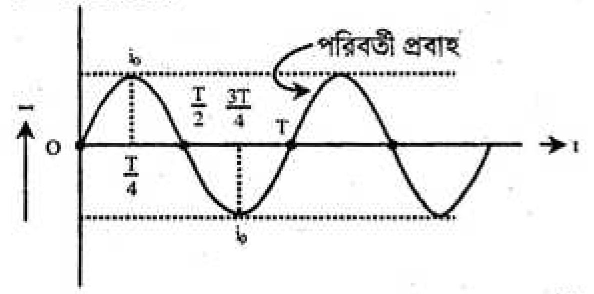
দিক পরিবর্তী প্রবাহের জন্য,

$$P = I^2_{r.m.s} R = (5\sqrt{2})^2 \times 100 = 5 \times 100 = 5000\ Js^{-1}$$

$\therefore$ উদ্দীপকে বর্ণিত প্রবাহটি 100Ω রোধের কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে চালনা করলে উত্তাপজনিত শক্তি ক্ষয়ের হার $5000 Js^{-1}$

প্রশ্ন ▶ ৩ নিচের চিত্রে একটি দিক পরিবর্তী প্রবাহের সমীকরণ,

$i = 40 \sin \omega t$



[দি. বো. ২০১৬]

ক. দিক পরিবর্তী প্রবাহ কী? ১

খ. কোনো তার কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাংক 10 হেনরী বলতে কি বুঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে দিক পরিবর্তী প্রবাহের বর্গমূলীয় গড়মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে যখন, $t = \frac{3T}{2}$ তখন দিক পরিবর্তী প্রবাহের মান এর শীর্ষমানের সমান কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যুক্তি দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ যদি একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর দিক পরিবর্তন করে এবং নির্দিষ্ট সময় পরপর সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান প্রাপ্ত হয় সেই তড়িৎ প্রবাহকে দিক পরিবর্তী প্রবাহ বলে।

খ কোনো তার কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাংক 10 হেনরী বলতে বুঝায়, ঐ কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ প্রতি সেকেন্ডে এক অ্যাম্পিয়ার হারে পরিবর্তিত হলে, কুণ্ডলীটিতে 10 ভোল্ট তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়।

গ এখানে,

দিক পরিবর্তী প্রবাহের সমীকরণ, $i = 40 \sin \omega t$

$\therefore$ শীর্ষমান, $i = 40$ A

দিক পরিবর্তী প্রবাহের বর্গমূলীয় গড় মান, $i_{rms} = ?$

আমরা জানি,

$$i_{rms} = \frac{i_0}{\sqrt{2}} = \frac{40A}{\sqrt{2}} = 28.28 \text{ A } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ এখানে,

দিক পরিবর্তী প্রবাহের সমীকরণ, $i = 40 \sin \omega t$

$\therefore$ শীর্ষমান, $i = 40$ A

যখন, $t = \frac{3T}{4}$ তখন, $i = 40 \sin\left(\omega \frac{3T}{4}\right)$

$$= 40 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{3T}{4}\right)$$

$$= 40 \sin\left(\frac{3\pi}{2}\right)$$

$$= 40 \times (-1) = -40 \text{ A} = -i_0$$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, উদ্দীপকে যখন $t = \frac{3T}{4}$ তখন দিক পরিবর্তী প্রবাহের মান এর শীর্ষমানের সমান।

প্রশ্ন ▶ ৪ $100 cm^2$ গড় ক্ষেত্রফল এবং 200 পাকসংখ্যাবিশিষ্ট একটি বদ্ধ কুণ্ডলীকে 0.2×10^{-4} Tesla মানের একটি সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে লম্বভাবে রাখা আছে। কুণ্ডলীটিকে $\frac{1}{10}$ s-এ 180° ঘুরানো হল। [চ. বো. ২০১৭]

ক. বহির্জাত অর্ধপরিবাহী কাকে বলে? ১

খ. পদার্থের চৌম্বক ধর্ম কীভাবে প্রকৃতিগতভাবে সৃষ্টি হয় তা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কুন্ডলীটিতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির গড় মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কুন্ডলীটিকে একই বেগে 360° ঘুরালে আবিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহের প্রকৃতি কীরূপ হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব অর্ধপরিবাহীতে পরিবাহীতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে সামান্য পরিমাণ সুবিধাজনক নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে ভেজাল হিসেবে দেয়া হয় তাকে বহির্জাত বা অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী বলে।

খ আমরা জানি, পদার্থ অণু-পরমাণু দ্বারা গঠিত। পরমাণুর কেন্দ্রে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে এবং ইলেকট্রনগুলো কেন্দ্রের চতুর্দিকে বিভিন্ন কক্ষপথে পরিভ্রমণ করে। আবার নিজ নিজ অক্ষের সাপেক্ষে ইলেকট্রনগুলোর ঘূর্ণন বা স্পিন গতি রয়েছে। ইলেকট্রনের কক্ষীয় গতি এবং স্পিন গতির সঙ্গে সংশ্লিষ্ট মোমেন্টকে যথাক্রমে কক্ষীয় গতি ভ্রামক এবং স্পিন গতি ভ্রামক বলে। নিউক্লিয়াসের সঙ্গে সংশ্লিষ্ট মোমেন্টকে বলা হয় নিউক্লিয় চৌম্বক মোমেন্ট। এ মোমেন্টের সমষ্টিগত ক্রিয়ার ফলে পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন চৌম্বক বৈশিষ্ট্য ও গুণাবলি প্রকাশ পায়।

গ দেওয়া আছে,

ক্ষেত্রফল, $A = 100 cm^2 = 100 \times 10^{-4} m^2 = 10^{-2} m^2$

চৌম্বকক্ষেত্র, $B = 0.2 \times 10^{-4}$ T

পাকসংখ্যা, $N = 200$

কুণ্ডলীর একটি পূর্ণ ঘূর্ণনে (360°) আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের একটি পূর্ণচক্র সম্পূর্ণ হয়। অতএব 180° ঘূর্ণনে অর্ধচক্র সম্পূর্ণ হয়।

$$\therefore T = 2 \times \frac{1}{10} s = 0.2 s$$

$$\therefore \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2}{0.2}\pi = 10\pi$$

$\therefore$ আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল,

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt} = -N\frac{d}{dt}[BA \cos \omega t] = \omega NBA \sin \omega t = \varepsilon_0 \sin \omega t$$

যেখানে, $\varepsilon_0 = \omega NBA$

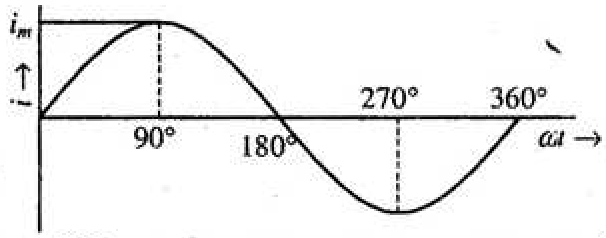
$$\therefore \text{ গড় মান, } \varepsilon_{av} = \frac{2}{\pi}\varepsilon_0 = \frac{2}{\pi}\omega NBA = \frac{2}{\pi} \times 10\pi \times 200 \times 0.2 \times 10^{-4} \times 10^{-2} = 8 \times 10^{-4} \text{ volts. } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে, $\theta = \omega t$

মনে করি, বর্তনীর রোধ $= R$

তড়িৎ প্রবাহ, $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_m}{R} \sin \omega t = i_m \sin \omega t$

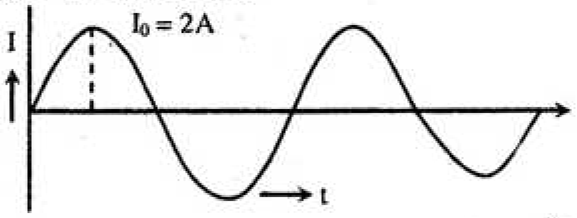
বর্তনীটিকে 360° কোণে ঘুরানোর অর্থ হচ্ছে একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করা। সুতরাং একটি পূর্ণ চক্র ঘূর্ণনের জন্য তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন নিম্নের লেখচিত্রের সাহায্যে দেখানো যায়।



অতএব, বর্তনীটিকে 360° কোণে ঘুরানো হলে তৎক্ষণাৎ তড়িৎপ্রবাহ, $I = I_m \sin 360\,t = 0$ হবে।

প্রশ্ন ▶৫ একটি ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারী কুণ্ডলীতে পর্যাবৃত্ত তড়িৎপ্রবাহ নিম্নের লেখচিত্রে দেখানো হলো:

[গৌন কুণ্ডলীর রোধ 17.5Ω]



[চি. বো. ২০১৬]

ক. হল ক্রিয়া কী? ১

খ. DC 220V অপেক্ষা AC 220V বেশী বিপজ্জনক কেন? ২

গ. চিত্রানুযায়ী $\frac{7.5T}{4}$ সময়ে তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীতে 140W ক্ষমতা পেতে কি ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন পাত আকৃতির তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করা হলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর দুই বিপরীত পৃষ্ঠে একটি বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। এ ঘটনাকে হল ক্রিয়া বলে।

খ 220V D.C দ্বারা যদি কোনো ব্যক্তি বৈদ্যুতিক শক পান তাহলে তিনি সর্বোচ্চ 220V দ্বারাই শক পান। কিন্তু কোনো ব্যক্তি যদি 220V A.C দ্বারা শক পান তবে তিনি সর্বোচ্চ $\sqrt{2} \times 200V = 311V$ দ্বারা শক পাবেন। এ কারণে DC 220V অপেক্ষা AC 220V বেশি বিপজ্জনক।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

দিক পরিবর্তী প্রবাহের শীর্ষমান, $I_0 = 2A$

সময়, $t = \frac{7.5\,T}{4}$

তড়িৎ প্রবাহ $I = ?$

আমরা জানি,

$$I = I_0 \sin \omega t$$
$$= 2 \times \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{7.5\,T}{4}\right)$$
$$= 2 \sin(3.75\pi)$$
$$= 2 \sin\left(4\pi - \frac{\pi}{4}\right)$$
$$= -2 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)$$
$$= -2.\frac{1}{\sqrt{2}}$$
$$= -1.414A$$

∴ তড়িৎ প্রবাহের মান, $I = 1.414$ A **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

গৌণ কুণ্ডলীর রোধ, $R_s = 17.5\Omega$

গৌণ কুণ্ডলীর ক্ষমতা, $P_s = 140$ W

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহের শীর্ষমান, $I_o = 2$ A

আমরা জানি,

$$I_P = 0.707\, I_o$$
$$= 0.707 \times 2$$
$$= 1.414 \text{ A}$$

আবার,

$$P_S = I_S^2\, R_S$$

বা, $I_S = \sqrt{\frac{P_S}{R_S}}$

$$= \sqrt{\frac{140}{17.5}}$$
$$= 2.828 \text{ A}$$

আবার,

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

বা, $\frac{N_P}{N_S} = \frac{2.828}{1.414}$

$$\therefore \frac{N_P}{N_S} = 2$$

অতএব, ট্রান্সফর্মারটির গৌণ কুণ্ডলীতে 140 W ক্ষমতা পেতে হলে মুখ্য কুণ্ডলী ও গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যার অনুপাত 2 : 1 করতে হবে।

প্রশ্ন ▶৬ সালমা 100Ω রোধের একটি বৈদ্যুতিক হিটার 160V বিস্তার এবং 50 Hz কম্পাংকের একটি এসি উৎসের সাথে সংযুক্ত করলো। পরবর্তীতে নাজমা হিটারটি 120V ডিসি উৎসের সাথে সংযুক্ত করলো।

[চি. বো. ২০১৫]

ক. লেঞ্জ -এর সূত্রটি লিখ। ১

খ. ডিসি অপেক্ষা এসি বেশি বিপজ্জনক — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. এসি উৎসের গড় ভোল্টেজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কোন সংযোগে হিটারটি বেশি কার্যকর — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো তড়িতচৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা প্রবাহের দিক এমন হয় যে, তা সৃষ্ট হওয়া মাত্রই যে কারণে সৃষ্টি হয় সেই কারণকেই বাধা দেয়।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে r.m.s বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V.

গ দেওয়া আছে,

এসি উৎসের বিস্তার, $\varepsilon_0 = 160V$

এসি উৎসের গড় ভোল্টেজ, $\bar{\varepsilon} = ?$

আমরা জানি, $\bar{\varepsilon} = \frac{2\varepsilon_0}{\pi}$

$$= 0.637\varepsilon_0$$
$$= 0.637 \times 160$$
$$= 101.92V \text{ (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি,

কার্যকর ভোল্টেজ = ভোল্টেজের গড় বর্গের বর্গমূল = ε_{rms}

এখানে, এসি উৎসের ক্ষেত্রে, $\varepsilon_0 = 160V$

ডিসি উৎসের ক্ষেত্রে, $\varepsilon_0 = 120V$

উভয়ের ক্ষেত্রে, $\varepsilon_{rms} = ?$

এসি উৎসের ক্ষেত্রে, $\varepsilon_{rms} = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}$

$= \frac{160}{\sqrt{2}}$

$= 113.14V$

ডিসি উৎসের ক্ষেত্রে, ভোল্টেজের কার্যকর তথা ধ্রুবমান = 120V

এসি উৎসের সাথে যুক্ত করলে হিটারের ক্ষমতা,

$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(113.14V)^2}{100\Omega} = 128$ watt

ডিসি উৎসের সাথে যুক্ত করলে হিটারের ক্ষমতা,

$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(120V)^2}{100} = 144$ watt

যেহেতু 144 watt > 128 watt

সুতরাং ডিসি সংযোগে হিটারটি বেশি কার্যকর।

প্রশ্ন ▶ ৭ একটি AC উৎসের বিস্তার 220V এবং কম্পাংক 50Hz। এর সাথে 1000Ω এর একটি বৈদ্যুতিক রুম হিটার সংযুক্ত করা হল। পরবর্তীতে ঐ হিটারকে 220V এর DC উৎসের সাথে যুক্ত করা হল। *[সি. বো. ২০১৬]*

ক. হল ক্রিয়া কী? ১

খ. ট্রান্সফরমার DC তে চলে না—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের পরিবর্তী তড়িচ্চালক বলের সমীকরণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কোন সংযোগে রুম হিটারটি বেশি কার্যকর গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার উত্তরের পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন পাত আকারের তড়িৎবাহী পরিবাহককে চৌম্বকক্ষেত্রে লম্বভাবে স্থাপন করলে তড়িৎ প্রবাহ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর একটি বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তথা ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এই ঘটনাকে হল ক্রিয়া বলে।

খ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে যদি DC ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তাহলে কোরের মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বকফ্লাক্স অতিক্রম করবে। তখন $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ হওয়ায় তাড়িৎ চৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে $\left(\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}\right)$ গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান শূন্য। এ কারণে ট্রান্সফর্মার দ্বারা DC ভোল্টেজের মান পরিবর্তন করা যায় না।

গ এখানে,

AC উৎসের বিস্তার তথা শীর্ষমান, $\varepsilon_0 = 220V$

আমরা জানি,

$\omega = 2\pi f$

$= 2\pi \times 50$

$= 100\pi$

আবার যে কোন সময় t এ শীর্ষমান ε_0 এবং কৌণিক বেগ ω হলে,

$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$

$\therefore \varepsilon = 220 \sin 100\pi t$

অর্থাৎ উদ্দীপকের পরিবর্তী তড়িচ্চালক বলের সমীকরণ,

$\varepsilon = 220 \sin 100\pi t$ **(Ans)**

ঘ এখানে,

AC উৎসের বিস্তার, $\varepsilon_0 = 220V$

হিটারের রোধ, $R = 1000\Omega$

DC উৎসের বিভব, তথা কার্যকর ভোল্টেজ, V = 220V

AC উৎসের ক্ষেত্রে,

কার্যকর ভোল্টেজ, $\varepsilon_{rms} = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}$

$= \frac{220}{\sqrt{2}}$

$= 155.56V$

∴ এসি উৎসের সাথে যুক্ত করলে হিটারের ক্ষমতা,

$P = \frac{\varepsilon^2_{rms}}{R}$

$= \frac{(155.56)^2}{1000}$

$= 24.2$ watt

আবার, ডি. সি উৎসের সাথে যুক্ত করলে ক্ষমতা,

$P = \frac{V^2}{R}$

$= \frac{(220)^2}{1000}$

$= 48.4$ watt

যেহেতু ডি. সি উৎসের ক্ষেত্রে হিটারের ক্ষমতা বেশি, অতএব ডি. সি উৎসের সংযোগে হিটারটি বেশী কার্যকর।

প্রশ্ন ▶ ৮ দুইটি দিক পরিবর্তী প্রবাহের সমীকরণ যথাক্রমে $I_1 = 50\sin 628\pi t$ এবং $I_2 = 50\sin 400\pi t$. *[য. বো. ২০১৭]*

ক. আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল কাকে বলে? ১

খ. একটি চশমার ক্ষমতা +4 ডায়প্টার বলতে কী বুঝায়? ২

গ. প্রথম সমীকরণে তড়িতের গড় মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. আকৃতি গুণাংক কম্পাংকের উপর নির্ভরশীল নয়-উদ্দীপকের আলোকে যাচাই কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎচৌম্বকীয় আবেশের ফলে বদ্ধ কুণ্ডলীতে উৎপন্ন তড়িচ্চালক বলকে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বলে।

খ এখানে, p = +4 ডায়াপ্টার

$\therefore f = \frac{1}{4} m = 0.25m$

তাহলে চশমার ক্ষমতা +4 ডায়াপ্টার বলতে বোঝায় ব্যবহৃত লেন্সটি উত্তল এবং এর ফোকাস দূরত্ব 0.25m।

গ দেওয়া আছে,

প্রথম সমীকরণ, $I_1 = 50 \sin 628 \pi t$

সমীকরণ থেকে পাই,

শীর্ষমান, $I_0 = 50A$

তড়িতের গড় মান, I = ?

আমরা জানি,

$I = \frac{2}{\pi} \times I_0$

$= \frac{2}{3.1416} \times 50$ A

$= 31.83$ A **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

আকৃতি গুণাঙ্ক $= \frac{I_{rms}}{I_{av}}$

শীর্ষমান, I_0

$\therefore$ আকৃতি গুণাঙ্ক $= \frac{\frac{1}{\sqrt{2}} I_0}{\frac{2}{\pi} I_0}$

$= \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$

অর্থাৎ সমীকরণ অনুসারে আকৃতি গুণাঙ্ক কম্পাঙ্কের ওপর নির্ভর করে না। উদ্দীপকের ১ম সমীকরণের এবং ২য় সমীকরণের ক্ষেত্রে আকৃতি গুণাঙ্কের মান $\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$।

কিন্তু সমীকরণে, কম্পাঙ্ক, $f_1 = \frac{628}{2}$ Hz

$= 314$ Hz

২য় সমীকরণে, কম্পাঙ্ক, $f_2 = \frac{400}{2}$ Hz

$= 200$ Hz

যদিও $f_1 \neq f_2$, তবুও আকৃতি গুণাঙ্ক সমান।

অতএব, আকৃতি গুণাঙ্ক কম্পাঙ্কের ওপর নির্ভরশীল নয়।

প্রশ্ন ▶৯ পদার্থবিদ্যা গবেষণাগারে তোমার শিক্ষক তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ বোঝানোর জন্য 5 টেসলা মানের চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে তিনটি পরিবাহী কুন্ডলী রাখলেন, যাদের প্রতিটির পাক সংখ্যা 500, এদের মধ্যে প্রথম কুন্ডলীটি 5 cm ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার, দ্বিতীয় 10 cm^2 ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট আয়তাকার এবং তৃতীয়টি 45 cm^2 ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট বর্গাকার। দ্বিতীয় এবং তৃতীয় কুন্ডলীকে 0.5 সেকেন্ডে ক্ষেত্র থেকে বের করে নেয়া হলো। *[ব. বো. ২০১৩]*

ক. হল ক্রিয়া কী? ১

খ. কোনো স্থানের বিনতি 29°S বলতে কী বুঝ? ২

গ. প্রথম কুন্ডলীতে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিমাণ কত? ৩

ঘ. ওপরোক্ত কুন্ডলী তিনটিতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মানের তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফলক বা পাত আকৃতির পরিবাহীর মধ্যে দৈর্ঘ্য বরাবর তড়িৎ প্রবাহিত হলে এবং বেধ বা উচ্চতা বরাবর চৌম্বক ক্ষেত্র বিরাজ করলে এর প্রস্থ বরাবর দুই প্রান্তের মধ্যে একটি বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হওয়ার ঘটনাকে হল ক্রিয়া বলে।

খ কোনো স্থানের বিনতি 29°S বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে ভারকেন্দ্র থেকে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক শলাকার অক্ষ স্থির অবস্থায় অনুভূমিক তলের সাথে 29° কোণ করে আনত থাকবে এবং শলাকাটির দক্ষিণ মেরু নিচের দিকে ঝুঁকে থাকবে।

গ দেওয়া আছে,

প্রথম কুন্ডলীর ক্ষেত্রফল, $A_1 = \pi r_1^2 = 3.1416 \times (5cm)^2$

$= 78.54\ cm^2 = 78.54 \times 10^{-4} m^2$

চৌম্বক ক্ষেত্রের মান, $B = 5T = 5\ Wbm^{-2}$

কুন্ডলীতল ভেক্টর $(\vec{A})$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যকার কোণ, $\theta = 0°$

∴ প্রথম কুন্ডলীতে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্স, $\varphi_1 = N\vec{A_1} \cdot \vec{B} = NA\ B\cos\theta$

$= 500 \times 78.54 \times 10^{-4} m^2 \times 5\ Wbm^{-2} \times \cos 0°$

$= 19.635$ Wb **(Ans.)**

ঘ প্রথম কুন্ডলীতে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন হয় না বলে $\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}$ সূত্রানুসারে এতে কোনো তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় না।

দ্বিতীয় কুন্ডলীতে প্রতি পাকে প্রথমাবস্থায় জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্স,

$\varphi_2 = A_2 B\cos 0°$

$= 10 \times 10^{-4} \times 5 \times 1$

$= 50 \times 10^{-4}$ Wb

∴ দ্বিতীয় কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল, $\varepsilon_2 = -N\frac{d\varphi}{dt}$

$$= -500 \times \frac{(0-50) \times 10^{-4} Wb}{0.5\ sec} = 5\ volt$$

তৃতীয় কুন্ডলীতে প্রথমাবস্থায় প্রতি পাকে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্স,

$\varphi_3 = A_3 B\cos 0° = 45 \times 10^{-4} m^2 \times 5\ Wbm^{-2} \times 1 = 225 \times 10^{-4}$ Wb

∴ তৃতীয় কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল, $\varepsilon_3 = -N\frac{d\varphi}{dt}$

$$= -500 \times \frac{(0-225) \times 10^{-4}\ Wb}{0.5\ sec} = 22.5\ volt$$

সুতরাং ২য় কুন্ডলী অপেক্ষা তৃতীয় কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶১০ 100 cm^2 ক্ষেত্রফল এবং 200 পাকসংখ্যা বিশিষ্ট একটি আবদ্ধ কুণ্ডলীকে 0.2×10^{-4}T চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে রাখা হলো। কুণ্ডলীটি $\frac{1}{10}$ s-এ 180° কোণে ঘুরে যায়। *[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]*

ক. বহির্জাত অর্ধপরিবাহী কী? ১

খ. কীভাবে পদার্থের মধ্যে প্রাকৃতিকভাবে চৌম্বক ধর্ম তৈরি করা যায়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির গড় মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কুণ্ডলীকে 360° কোণে একই বেগে ঘুরালে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃতি কেমন হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

৪নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶১১ 6Wb/m^2 মানের সুষম চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি কুণ্ডলীকে 12rad/s বেগে ঘোরানো হচ্ছে। কুণ্ডলীর ক্ষেত্রফল 1.5m^2 এবং পাকসংখ্যা 20. *[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]*

ক. চৌম্বক ফ্লাক্সের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. তাড়িতচৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের ২য় সূত্র বিবৃত এবং ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের সর্বোচ্চ মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যখন কুণ্ডলীতে সর্বোচ্চ মানের তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় এবং যখন কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে সর্বাধিক ফ্লাক্স অতিক্রম করে। এ দু'য়ের মাঝে সময় ব্যবধান নির্ণয়ের জন্য গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তলের ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে লম্বভাবে অতিক্রান্ত চৌম্বক ক্ষেত্ররেখার সংখ্যাকে ঐ তলের সাথে সংশ্লিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্স বলে।

খ ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র হল–

কোনো বন্ধ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির মান ঐ কুণ্ডলীর মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের ঋণাত্মক মানের সমানুপাতিক।

ধরা যাক,

Φ_1 = কোনো নির্দিষ্ট মুহূর্তে কোনো বন্ধ কুন্ডলী বা বর্তনী দিয়ে অতিক্রমকারী চৌম্বক ফ্লাক্স।

Φ_2 = t সময় পর ঐ কুণ্ডলী বা বর্তনী দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স।

সুতরাং t সময়ে চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন $= \Phi_2 - \Phi_1$ এবং চৌম্বক ফ্লাক্স পরিবর্তনে হার $= \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t}$

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি,

$$\varepsilon \propto -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t}$$

$$\text{বা, } \varepsilon = -k\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t}$$

এখানে, k একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

গ B মানের সুষম চৌম্বকক্ষেত্রে প্রাথমিকভাবে লম্বভাবে রেখে ω কৌণিক বেগে ঘূর্ণায়মান কোনো কুণ্ডলীতে যেকোনো সময়,

t তে চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিমাণ, $\varphi = \vec{A} \cdot \vec{B}$

$= AB\cos\omega t$

∴ N পাকের কুণ্ডলীটিতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান ε হলে,

$$\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}$$

$$= -N\frac{d}{dt}(AB\cos\omega t)$$

$$= -NAB\frac{d}{dt}(\cos\omega t)$$

$$= \omega NAB\sin\omega t$$

ε সর্বোচ্চ হবে, যখন, $\sin\omega t = \pm 1$

∴ তড়িচ্চালক বলের সর্বোচ্চ মান ε_{max} হলে,

$$\therefore \varepsilon_{max} = \omega NAB = 12 \times 20 \times 1.5 \times 6 = 2160 \text{ V } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
কৌণিক বেগ, $\omega = 12$ rad/s
পাকসংখ্যা, N = 20
কুন্ডলীর ক্ষেত্রফল, $A = 1.5m^2$
চৌম্বকক্ষেত্র, $B = 6Wb/m^2$

ঘ 'গ' হতে পাই,
কুন্ডলীটির মধ্যদিয়ে যে কোনো সময়ে অতিক্রান্ত ফ্লাক্স, φ হলে,

$$\varphi = AB\cos\omega t_1$$

φ সর্বোচ্চ হবে যখন, $\cos\omega t_1 = 1$ হবে

বা, $\omega t_1 = \cos^{-1}(1) = 0$

∴ $t_1 = 0$ sec

∴ $t_1 = 0$ তে চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে রাখা কোনো কুন্ডলীতে ফ্লাক্স সর্বোচ্চ হবে।

'গ' হতে পাই,
কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের যে কোনো সময় t_2 তে মান ε হলে,

$$\varepsilon = \omega NAB\sin\omega t_2$$

ε সর্বোচ্চ হবে যখন, $\sin\omega t_2 = 1$

বা, $\omega t_2 = \sin^{-1}(1) = \frac{\pi}{2}$

$$\therefore t_2 = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{3.1416}{2 \times 12} = 0.1309 \text{ sec}$$

∴ t = 0 তে কুন্ডলীটিকে চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে রেখে ঘোরানো শুরু করলে $t_1 = 0$ সেকেন্ডে সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ও $t_2 = 0.1309$ সেকেন্ডে সর্বোচ্চ তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হবে।
অতএব, কুন্ডলীতে সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ও সর্বোচ্চ তড়িচ্চালক বলের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান 0.1309 sec.

প্রশ্ন ▶১২ একটি স্টেপ-আপ ট্রান্সফর্মার -এ 220V দেয়া হলে তা 2200V তৈরি করতে পারে। মুখ্য কুন্ডলীর পাক সংখ্যা ও রোধ যথাক্রমে 250 এবং 0.8Ω. *[পাবনা ক্যাডেট কলেজ, পাবনা]*

ক. স্বকীয় আবেশ গুণাংক কাকে বলে? ১
খ. তড়িৎ চৌম্বকীয় আবেশের ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্র বিবৃত কর। ২
গ. গৌণ কুন্ডলীর পাক সংখ্যা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. "গৌণ কুন্ডলীর রোধ 45Ω" -উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ সময়ের সাথে একক হারে পরিবর্তিত হলে ঐ কুন্ডলীতে যে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় তাকে ঐ কুন্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক (L) বলে।

খ **প্রথম সূত্র:** কোনো বন্ধ কুন্ডলীতে আবদ্ধ চৌম্বক আবেশ রেখার সংখ্যা বা চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন হলে কুন্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয় এবং যতক্ষণ এ পরিবর্তন স্থায়ী হয়, কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহও ততক্ষণ স্থায়ী হয়।
দ্বিতীয় সূত্র: কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল, সময়ের সাথে ঐ কুন্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।
এক পাকের কোনো বন্ধ কুন্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন *dt* সময়ে $d\Phi_B$ হলে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে কুন্ডলীতে ঐ সময়ের আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল-

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

গ গৌণ কুন্ডলীতে পাক সংখ্যা = N_s হলে,

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\therefore N_s = N_p \times \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_p} = 250 \times \frac{2200}{220} = 2500 \textbf{ (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
মুখ্য কুন্ডলীতে,
তড়িচ্চালক শক্তি, $\varepsilon_p = 220$ V
পাক সংখ্যা, $N_p = 250$
গৌণ কুন্ডলীতে,
তড়িচ্চালক শক্তি, $\varepsilon_s = 2200$ V

ঘ আমরা জানি, গৌণ ও মুখ্য কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ I_s ও I_p হলে,

$$\varepsilon_p I_p = \varepsilon_s I_s$$

$$\Rightarrow \varepsilon_p \frac{\varepsilon_p}{R_p} = \varepsilon_s \frac{\varepsilon_s}{R_s}$$

[R_p = মুখ্য কুন্ডলীর রোধ, R_s = গৌণ কুন্ডলীর রোধ]

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon_p^2}{R_p} = \frac{\varepsilon_s^2}{R_s}$$

$$\therefore R_s = \frac{\varepsilon_s^2}{\varepsilon_p^2} R_p = \frac{2200^2}{220^2} \times 0.8 = 80\ \Omega$$

অতএব, "গৌণ কুন্ডলীর রোধ 45 Ω" উক্তিটি যথার্থ নয়।

প্রশ্ন ▶১৩



Fig-1 Fig-2

[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. হল বিভব কি? ১
খ. ট্রান্সফর্মার AC প্রবাহে কাজ করে কিন্তু DC প্রবাহে করে না। ব্যাখ্যা করো। ২
গ. Fig-1 এ কুন্ডলীর পাকসংখ্যা 100 এবং 0.04 sec সময়ে ফ্লাক্স 30×10^{-5} Wb থেকে পরিবর্তিত হয়ে 2×10^{-5} Wb হলে কুন্ডলীর ভিতরে আবিষ্ট তড়িৎচালক শক্তি কত? ৩
ঘ. উপরের পরীক্ষাটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা মেনে চলে কি? বের করো এবং নিজের মতামত দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তড়িৎবাহী পরিবাহককে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাকে হল বিভব পার্থক্য বলে।

খ ট্রান্সফর্মার তড়িৎ চৌম্বক আবেশ নীতির ভিত্তিতে কাজ কর। মুখ্য কুন্ডলীতে পরিবর্তি প্রবাহের দরুন গৌণকুন্ডলীর পরিবর্তনশীল চৌম্বক ক্ষেত্র আবিষ্ট হয়। এই পরিবর্তনশীল চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবেই গৌণ কুন্ডলীতে তড়িচ্চালক বলের উদ্ভব হয়। কিন্তু ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুন্ডলীতে DC ভোল্টেজ দেওয়া হলে গৌণকুন্ডলীর আবিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্সের কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই কোনো আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলেরও উদ্ভব হয় না। তাই ট্রান্সফর্মার AC প্রবাহে কাজ করে কিন্তু DC প্রবাহে কাজ করে না।

গ এখানে,
কুন্ডলীর পাকসংখ্যা, n = 100
সময়, t = 0.04s
ফ্লাক্সের পরিবর্তন = $d\phi = (30 - 2) \times 10^{-5}$ Wb $= 28 \times 10^{-5}$ Wb
আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি, ε = ?
আমরা জানি,

$$\varepsilon = N\frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \varepsilon = 100 \times \frac{28 \times 10^{-5}}{0.04} = 0.7 \text{ V } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উপরের চিত্রে লেনজের সূত্রের পরীক্ষা দেখানো হয়েছে। দন্ড চুম্বকের দক্ষিণ মেরুকে একটি তারের কুন্ডলীর দিকে নিলে তড়িৎ চুম্বক আবেশের ফলে কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের উদ্ভব হবে। এখন এই তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ এমন হবে যেন তা তার উৎপত্তির কারণ অর্থাৎ চুম্বকের গতিকে বাধা দিবে। এটি সম্ভব যদি দক্ষিণ মেরুর সম্মুখস্ত কুন্ডলী তলে দক্ষিণ মেরুর উদ্ভব হয়। যে কারণে কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ হয় ঘড়ির কাঁটার দিকে। একইভাবে কুন্ডলী থেকে চুম্বক দূরে সরে গেলে কুন্ডলী চুম্বককে আকৃষ্ট করতে চায়। ফলে কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের দিক হয় ঘড়ির কাঁটার বিপরীতে।

এখানে, যেহেতু বদ্ধ কুন্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তির উৎস ছাড়াই তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে, ফলে মনে হয় শক্তির নিত্যতা সূত্র ব্যাহত হয়। আসলে লেঞ্জের সূত্রানুযায়ী, কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি এর সৃষ্টির কারণকেই বাধা দেয়। কোনো কুন্ডলী ও চুম্বকের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক গতির জন্য কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের উদ্ভব হয় যা ঐ আপেক্ষিক গতিকেই বাধা দেয়। সুতরাং, ঐ গতি বজায় রাখার জন্য সর্বদা কিছু যান্ত্রিক শক্তি ব্যয় করতে হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে।

সুতরাং, উপরের পরীক্ষাটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা মেনে চলে।

প্রশ্ন ▶১৪ 1000 Ω রোধের একটি বাল্ব AC উৎসের সাথে সংযুক্ত যার ভোল্টেজ $E = 150 \sin\left(628t + \frac{\pi}{6}\right)$ তারপর এটিকে 130V DC উৎসের সাথে সংযুক্ত করা হয়। *[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]*

ক. লেঞ্জের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $5\frac{T}{4}$ সময় পর AC প্রবাহের ভোল্টেজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন সংযোগে বাল্বটি বেশি উজ্জ্বলভাবে জ্বলবে—বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো তড়িৎ চৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা প্রবাহের দিক এমন হয় যে, তা সৃষ্টি হওয়া মাত্রই যে কারণে সৃষ্টি হয় সেই কারণকেই বাঁধা দেয়।

খ কোনো কুণ্ডলীর মধ্যে $1 As^{-1}$ তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তিত হলে তার মধ্যে যে পরিমাণ তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় তাকে ঐ কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক বলে।

ফ্যারাডের সূত্রানুসারে,

$\varepsilon = \frac{d\varphi}{dt}$

$\therefore \varepsilon = -\frac{d}{dt}(Li) = -L\frac{di}{dt}$

বা, $\varepsilon = L\frac{di}{dt}$ ['–' চিহ্ন অগ্রাহ্য করে]

বা, $L = \frac{\varepsilon}{di/dt}$

এখন, $\frac{di}{dt} = 1$ হলে $L = \varepsilon$

অর্থাৎ কোনো কুণ্ডলী তড়িৎ প্রবাহমাত্রা প্রতি সেকেন্ডে এক একক পরিবর্তিত হলে ঐ কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাংক আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির সমান।

গ প্রদত্ত AC ভোল্টেজের সমীকরণ,

$$E = 150 \sin\left(628t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$= 150 \sin\left(6.28 \times 100t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$= 150 \sin\left(2\pi \times 100t + \frac{\pi}{6}\right)$$

একে $E = E_0 \sin(2\pi ft + \delta)$ সমীকরণের সাথে তুলনা করে পাই, কম্পাঙ্ক, $f = 100$ Hz

$$\therefore E = 150 \sin\left(\frac{2\pi}{\frac{1}{100}}t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$= 150 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ [T = পর্যায়কাল]}$$

সুতরাং $\frac{5T}{4}$ সময়পর অর্থাৎ $t = \frac{5T}{4}$ মুহূর্তে AC প্রবাহের ভোল্টেজ,

$$E = 150 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{5T}{4} + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$= 150 \sin\left(\frac{5\pi}{2} + \frac{\pi}{6}\right) = 150 \sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6}\right) = 150 \sin\left(\frac{3\pi + \pi}{6}\right)$$

$$= 150 \sin\frac{2\pi}{3} = 150 \sin 120° = 150\frac{\sqrt{3}}{2} = 129.9 \text{ volt} \quad \textbf{(Ans.)}$$

ঘ AC ভোল্টেজের শীর্ষমান, $E_0 = 150$ volt

$\therefore$ এর মূল গড় বর্গমান, $E_{rms} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$

$= \frac{150 \text{ volt}}{\sqrt{2}} = 106.066$ volt

অর্থাৎ এসি ভোল্টেজটি 106.066 volt মানের ডিসি ভোল্টেজের সমতুল্য [সমপরিমাণ কাজ এবং ক্ষমতা প্রদর্শন করতে সক্ষম]

যেহেতু 106.066 volt < 130 volt

সুতরাং উদ্দীপকের ক্ষেত্রে ডিসি সংযোগে বাল্বটি বেশি উজ্জ্বলভাবে জ্বলবে। কারণ $P = \frac{V^2}{R}$ সূত্রাণুসারে বাল্বের রোধ পরিবর্তিত হয় না ধরে নিয়ে $P \propto V^2$

অর্থাৎ রূপান্তরিত বৈদ্যুতিক ক্ষমতা, বাল্বের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্যের বর্গের সমানুপাতিক।

প্রশ্ন ▶১৫ $\vec{A} = (\hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k})\ m^2$ ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট এক পাকের একটি কুন্ডলীকে একটি পরিবর্তনশীল চৌম্বকক্ষেত্রে স্থাপন করা হলো। যেখানে চৌম্বক ক্ষেত্র কুন্ডলী তলের লম্ব বরাবর ক্রিয়াশীল। কুন্ডলীর সাথে সংশ্লিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্স $\phi = \left(\frac{5}{6}t^3 - 10t^2 + 3\right)$ Wb [t সেকেন্ডে পরিমিত] *[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]*

ক. তাড়ন বেগ কাকে বলে? ১

খ. ধারক যুক্ত একটি বর্তনীতে কার্শফের লুপ উপপাদ্য প্রয়োগ করা যাবে কী-না ব্যাখ্যা কর। ২

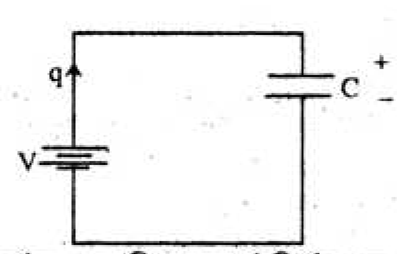
গ. $t = 0$ sec সময়ে ক্রিয়াশীল চৌম্বক ক্ষেত্রের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কুন্ডলীতে সর্বোচ্চ 40V উৎপন্ন করা যাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড়বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎপ্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে তাড়ন বেগ বলে।

খ ধারকযুক্ত একটি বর্তনীতে কির্শফের লুপ উপপাদ্য প্রয়োগ করা যাবে। কারণ



এখানে ব্যাটারী কর্তৃক যে পরিমাণ চার্জ নির্গত হয় ঠিক সেই পরিমাণ চার্জ ধারক কর্তৃক গৃহীত হয়।

এখন ধারকের বিভব V_c হলে

$-V + V_c = 0$

বা, $V = V_c$

গ

চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = AB\cos\theta$

এখানে তলের উপর লম্বের সাথে চৌম্বক ক্ষেত্র সমান্তরালে।

সুতরাং, $\theta = 0°$

$\therefore \phi = AB$

বা, $B = \frac{\phi}{A}$

$= \frac{3}{3}$

$= 1T$ **(Ans.)**

এখানে,

ক্ষেত্রফল, $\vec{A} = (\hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k})\ m^2$

$\therefore |\vec{A}| = A = \sqrt{1^2+(-2)^2+2^2}$

$= 3\ m^2$

ফ্লাক্স, $\phi(t)$

$= \left(\frac{5}{6}t^3 - 10t^2 + 3\right)$ Wb

সময়, $t = 0$ sec এ $\phi = 3Wb$

চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = ?$

ঘ এখানে,

ফ্লাক্স, $\phi = \left(\frac{5}{6}t^3 - 10t^2 + 3\right)$ Wb

আবিষ্ট তড়িচ্চালক বিভব, $\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt}$

$\varepsilon = -1 \times \frac{d}{dt}\left(\frac{5}{6}t^3 - 10t^2 + 3\right)$

$= 20t - \frac{5}{2}t^2$

এখন, $\frac{d\varepsilon}{dt} = 20 - 5t$

বা, $20 - 5t = 0$

বা, $5t = 20$

$\therefore t = 4sec$

আবার, $\frac{d^2\varepsilon}{dt^2} = -5\ (< 0)$

অতএব, $t = 4sec$ এ গুরুমান পাওয়া যাবে।

$\therefore \varepsilon = 20 \times 4 - \frac{5}{2} \times 4^2$

$= 40V$

উদ্দীপকের কুণ্ডলীটিতে 40V উৎপন্ন করা যাবে।

প্রশ্ন ▶১৬ একটি দিক পরিবাহী প্রবাহকে $I = 100\ \sin628t$ A দ্বারা প্রকাশ করা হলো। *[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]*

ক. দিক পরিবর্তী তড়িৎ প্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. লেঞ্জের সূত্র ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের ক্ষেত্রে কম্পাঙ্ক, প্রবাহের শীর্ষমান ও বর্গমূলীয় গড়মান কত? ৩

ঘ. অর্ধচক্রের জন্য গড় প্রবাহমাত্রা শীর্ষমানের 63.7% হবে কিনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ যদি একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর দিক পরিবর্তন করে এবং নির্দিষ্ট সময় পরপর সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান প্রাপ্ত হয় সেই তড়িৎ প্রবাহকে দিক পরিবর্তী প্রবাহ বলে।

খ লেঞ্জের সূত্র থেকে আমরা জানি, কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি এর সৃষ্টির কারণকেই বাধা দেয়। কোনো কুন্ডলী ও চুম্বকের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক গতির জন্য কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের উদ্ভব হয় যা ঐ আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয়। সুতরাং ঐ গতি বজায় রাখার জন্য সর্বদা কিছু যান্ত্রিক শক্তি ব্যয় করতে হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। সুতরাং লেঞ্জের সূত্র শক্তির নিত্যতা মেনে চলে।

গ পরিবর্তী প্রবাহের সমীকরণ, $I = 100 \sin 628\ t$

প্রবাহের সাধারণ সমীকরণ $I = I_0 \sin 2\pi ft$

এর সাথে তুলনা করে পাই, $2\pi f = 628$

বা, $f = \frac{628}{2\pi}$

$= 99.95$ Hz

$\cong 100$ Hz

শীর্ষমান, $I_0 = 100$ amp

বর্গমূলীয় গড়মান, $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

$= \frac{100}{\sqrt{2}} = 70.7$ amp **(Ans.)**

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই পর্যায়কাল, $T = 0.01sec$

$\therefore$ পর্যায়কাল, $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0.01$ sec

$$I_{av} = \frac{1}{\frac{0.01}{2}} \int_0^{\frac{0.01}{2}} 100 \sin 628\ t\ dt$$

$$= 200 \int_0^{5\times10^{-3}} 100 \sin 628t\ dt$$

$$= 20000 \int_0^{5\times10^{-3}} \sin 628t\ dt$$

$$= -20000 \left[\frac{\cos 628t}{628}\right]_0^{5\times10^{-3}}$$

$= -31.847\ (\cos 628 \times 5 \times 10^{-3} - \cos 0°)$

$= 63.7\%$

অতএব, অর্ধচক্রের জন্য গড় প্রবাহমাত্রা শীর্ষমানের 63.7%।

প্রশ্ন ▶১৭ একটি দিক পরিবর্তী প্রবাহের সাধারণ সমীকরণ হলো: $I = 120\sin100\pi t$। এখানে সবকটি রাশি এসআই এককে প্রদত্ত। *[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]*

ক. কুরী তাপমাত্রা কী? ১

খ. হিসটেরেসিস চক্রের সাহায্যে কোনো পদার্থের কী কী বিষয় জানা যেতে পারে- ব্যাখ্যা কর। ২

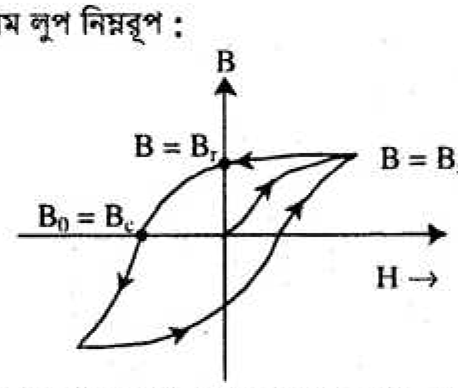
গ. প্রবাহ শূন্য থেকে শীর্ষ মানে পৌঁছতে কত সময় লাগবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রবাহের আকৃতি গুণাঙ্ক কীরূপ হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে থাকলে যে তাপমাত্রায় কোনো ফেরো-চৌম্বক পদার্থ প্যারাচৌম্বক পদার্থে পরিণত হয় তাকে ঐ ফেরোচৌম্বক পদার্থের কুরী তাপমাত্রা বলে।

খ হিস্টেরেসিম লুপ নিম্নরূপ :



কোনো চৌম্বক পদার্থের হিস্টেরেসিস লুপ হতে জানা যায়—

১. উক্ত চৌম্বক পদার্থে সর্বোচ্চ চৌম্বক আবেশ, B_S

২. উক্ত চৌম্বক পদার্থের চৌম্বক ধারণ ক্ষমতা, B_r

৩. উক্ত চৌম্বক পদার্থের সহনশীল বল, B_C

৪. উক্ত চৌম্বক পদার্থকে চুম্বকায়ন ও বিচুম্বকায়ন প্রক্রিয়ায় হিস্টেরেসিস এর জন্য অপচয় হওয়া শক্তির মান।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 5 ms

ঘ উদ্দীপকের তড়িৎ প্রবাহের বর্গমূল গড় বর্গমান I_{rms} হলে,

$I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, যেখানে প্রবাহের শীর্ষমান, $I_0 = 120A$

তড়িৎ প্রবাহের গড়মান I_{aV} হলে,

$I_{av} = \frac{2}{\pi} \times I_0 = \frac{2I_0}{\pi}$

$\therefore$ আকৃতি গুণাঙ্ক = $\frac{\text{প্রবাহের বর্গমূল গড় বর্গমান}}{\text{প্রবাহের গড় মান}}$

$$= \frac{\frac{I_0}{\sqrt{2}}}{\frac{2I_0}{\pi}}$$

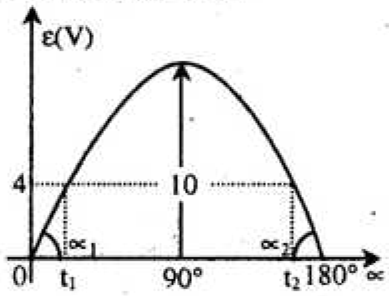
$$= \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

$$= \frac{3.1416}{2\sqrt{2}}$$

$$= 1.1$$

অতএব, তড়িৎ প্রবাহের আকৃতি গুণাঙ্ক 1.1।

প্রশ্ন ▶ ১৮ একটি দিক পরিবর্তী তড়িচ্চালক শক্তির সমীকরণ, ε = 10 sin377t যার লেখচিত্র নিম্নে দেয়া হলো।



[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক. চৌম্বক দ্বি-পোল ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. চার্জ স্থির থাকলে লরেঞ্জ বলের প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে দিক পরিবর্তী তড়িচ্চালক শক্তির মূল গড় বর্গ মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে দিক পরিবর্তী তড়িচ্চালক শক্তির দশা কোণ α_1 ও α_2 এর তুলনা কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি চুম্বক বা চৌম্বক দ্বিপোলের যেকোনো একটি মেরুর মেরুশক্তির মান ও চৌম্বক দৈর্ঘ্যের গুণফলকে ঐ চুম্বক বা চৌম্বক দ্বিপোলের ভ্রামক বলে।

খ আমরা জানি, লরেঞ্জ বল,

$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$

যেখানে, v = চার্জের বেগ

B = চৌম্বক ক্ষেত্র

E = তড়িৎ ক্ষেত্র

যদি চার্জ স্থির থাকে, অর্থাৎ V = 0 হয় তখন $\vec{F} = q\vec{E}$

অর্থাৎ তখন ঐ চার্জের উপর প্রযুক্ত সম্পূর্ণ বলই তড়িৎ বল। কোন চৌম্বক বল এক্ষেত্রে কাজ করে না।

গ

আমরা জানি,

r.m.s মান = $\frac{\text{সর্বোচ্চ বিস্তার}}{\sqrt{2}}$

$= \frac{10}{\sqrt{2}}$

= 7.07 V (Ans.)

দেওয়া আছে,

তড়িচ্চালক বলের বিস্তার,

ε = 10 V

ঘ মূল সমীকরণ: ε = 10 sin(377 t)

$\therefore 10 \sin \alpha_1 = 4$

$10 \sin \alpha_2 = 4$

$\therefore \sin \alpha_1 = \sin \alpha_2$

অর্ধচক্রের জন্য:

$\alpha_1 + \alpha_2 = 180°$

আবার, $\alpha_1 = \sin^{-1}\left(\frac{4}{10}\right)$

$= \sin^{-1}(0.4)$

$= 23.57°$

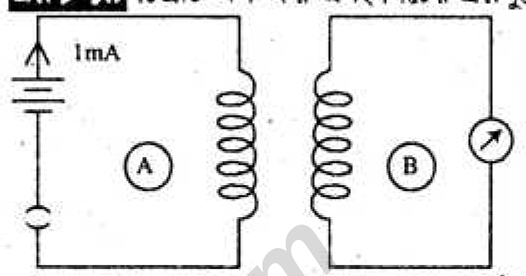
$\therefore \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\alpha_1}{180° - \alpha_1} = \frac{23.57°}{180° - 23.57°}$

$= 0.15$

বা, $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{15}{100} = \frac{3}{20}$

$\therefore \alpha_1 : \alpha_2 = 3 : 20$

প্রশ্ন ▶ ১৯ চিত্রটি লক্ষ কর এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



$N_A = 200$

$N_B = 100$

$\phi_A = 2.4 \times 10^{-4}$Wb

$\phi_B = 1.6 \times 10^{-4}$ Wb

[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. দিক পরিবর্তী প্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. DC 220V অপেক্ষা AC 220V বিপদজনক কেন? ২

গ. A কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাংক কত? ৩

ঘ. A কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা 0.4 সেকেন্ডে থেমে গেলে B কুণ্ডলীতে 0.4 volt তড়িৎচালক শক্তি আবিষ্ট হবে কী? ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ যদি একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর দিক পরিবর্তন করে এবং নির্দিষ্ট সময় পরপর সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান প্রাপ্ত হয় সেই তড়িৎ প্রবাহকে দিক পরিবর্তী প্রবাহ বলে।

খ 220V D.C. অপেক্ষা 220V A.C. বেশি বিপদজনক কারণ 220V ডি.সি তে শক পেলে তা 220V দ্বারাই হবে। কিন্তু A.C. এর r.m.s মান 220V হলে এর শীর্ষ মান হবে $220 \times \sqrt{2} = 311V$ প্রায়। এ কারণে আপাত মান একই হলেও 220V A.C. বেশি বিপদজনক।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.24 H

ঘ উদ্দীপক মতে,

A কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, $I_A = 1$ mA

$= 1 \times 10^{-3}$A

B কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা, $N_B = 100$

B কুণ্ডলীতে প্রতি পাকে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi_B = 1.6 \times 10^{-4}$ Wb

পারস্পরিক চৌম্বক আবেশ গুণাংক M হলে –

$M = \frac{N_B \phi_B}{I_A} = \frac{100 \times 1.6 \times 10^{-4}}{10^{-3}}$ H

$\therefore M = 16$ H

A কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রার পরিবর্তনের হার $= \frac{dI_A}{dt}$

$= \frac{0 - 10^{-3}A}{0.4s}$

$= -2.5 \times 10^{-3}$ A/s

$\therefore$ B কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক শক্তি,

$\varepsilon_B = M\frac{dI_A}{dt} = -16 \times (-2.5 \times 10^{-3})$

$= 0.04V$

সুতরাং A কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা 0.4s এ থেমে গেলে B কুণ্ডলীতে 0.04V তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে না।

প্রশ্ন ▶২০ বাংলাদেশের গর্ব পদ্মা ব্রীজের স্প্যান (Span) ঝালাই ও বসানোর কাজ চলছে। মাইলস্টোন কলেজের একজন প্রাক্তন ছাত্র ইঞ্জিনিয়ার হিসাবে সেখানে কর্মরত। তার মতে ঝালাই-এর কাজে ব্যবহৃত ট্রান্সফরমারের মুখ্য ও গৌণ কুণ্ডলির পাকসংখ্যার অনুপাত ছিল 4 : 1। ট্রান্সফরমারটির মূখ্য কুণ্ডলীতে, $E = 311.17 \sin(100\pi t)V$ তরঙ্গটি সঞ্চালিত হয় কিন্তু গৌণ কুণ্ডলীতে এর পরিবর্তন ঘটে।

[মাইলস্টোন কলেজ]

ক. লরেঞ্জ বল কাকে বলে? ১
খ. লেঞ্জের সূত্র শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে —ব্যাখ্যা করো। ২
গ. মুখ্য কুন্ডলীর ভোল্টেজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গৌণ কুণ্ডলীতে পরিবর্তীত তরঙ্গটির সমীকরণ কীরূপ ছিল —তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন স্থানে একই সময়ে একটি তড়িৎক্ষেত্র ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল আধান যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

খ লেঞ্জের সূত্র থেকে আমরা জানি, কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি এর সৃষ্টির কারণকেই বাধা দেয়। কোনো কুন্ডলী ও চুম্বকের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক গতির জন্য কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের উদ্ভব হয় যা ঐ আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয়। সুতরাং ঐ গতি বজায় রাখার জন্য সর্বদা কিছু যান্ত্রিক শক্তি ব্যয় করতে হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। সুতরাং লেঞ্জের সূত্র শক্তির নিত্যতা মেনে চলে।

গ

মুখ্য কুন্ডলীর প্রবাহের মূল সমীকরণ হতে,
ভোল্টেজের শীর্ষমান
$E_p = 311.17$ V

এখানে,
মুখ্য কুন্ডলীতে ভোল্টেজ,
$E = 311.17 \sin(100\pi t)$

অর্থাৎ মুখ্য কুন্ডলীর ভোল্টেজ হবে ভোল্টেজের কার্যকর মান বা বর্গমূলীয় গড় মান।

$\therefore E_{rms} = \frac{311.17}{\sqrt{2}}$ V
$= 220.03$ V
≈ 220V **(Ans.)**

ঘ

এখন,
$\frac{E_{rms,p}}{E_{rms,s}} = \frac{N_p}{N_s}$
$\therefore E_{rms,s} = \frac{1}{4} \times 220$
$= 55$V

এখানে,
মুখ্য কুন্ডলীর সমীকরণ,
$E_p = 311.17 \sin 100\pi t$
ভোল্টেজের শীর্ষমান,
$E_p = 311.17$V
G, হতে $E_{rms} = 220$V
মুখ্য কুন্ডলীর পাক সংখ্যা $= N_p$
গৌণ কুন্ডলীর পাক সংখ্যা $= N_s$

$\therefore$ গৌণ কুন্ডলীটিতে পরিবর্তী তরঙ্গটির সমীকরণ,
$E_s = E_{rms,s} \times \sqrt{2} \sin 100\pi t$
$= 55\sqrt{2} \sin 100\pi t$

প্রশ্ন ▶২১ একটি দিক পরিবর্তী উৎসের তড়িৎ প্রবাহের কার্যকর মান 70.70 A এবং কম্পাংক 100 Hz। *[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]*

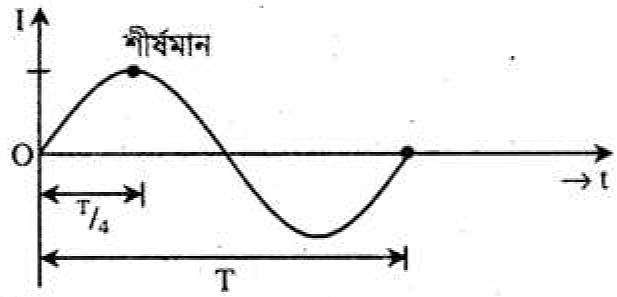
ক. দিক পরিবর্তী প্রবাহ কাকে বলে? ১
খ. ট্রান্সফর্মার DC প্রবাহে কাজ করে না— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তড়িৎ প্রবাহ শূন্য হতে শীর্ষমানে পৌছাতে কত সময় লাগবে? ৩
ঘ. AC উৎসটির সমীকরণ নির্ণয় করো এবং তা লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ যদি একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর দিক পরিবর্তন করে এবং নির্দিষ্ট সময় পরপর সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান প্রাপ্ত হয় সেই তড়িৎ প্রবাহকে দিক পরিবর্তী প্রবাহ বলে।

খ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে যদি DC ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তাহলে কোরের মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স অতিক্রম করবে। তখন $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ হওয়ায় তাড়িৎ চৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে $\left(\varepsilon = -N\frac{d\varphi}{dt}\right)$ গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মান শূন্য। এ কারণে ট্রান্সফর্মার দ্বারা DC ভোল্টেজের মান পরিবর্তন করা যায় না। ফলে ট্রান্সফরমার DC প্রবাহে কাজ করে না।

গ



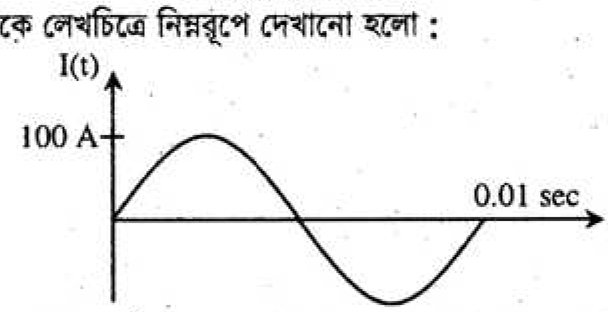
দেওয়া আছে,
কম্পাঙ্ক, $f = 100$Hz

কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{T}$
বা, $T = \frac{1}{f}$
$= \frac{1}{100}$
$= 0.01$ sec

শূন্য থেকে শীর্ষমানে পৌঁছতে সময় লাগবে $\frac{T}{4}$ sec
$= \frac{0.01}{4}$ sec
$= 2.5 \times 10^{-3}$ sec **(Ans.)**

ঘ ধরি, AC উৎসের সমীকরণ,
$I = I_0 \sin \omega t$
কৌণিক কম্পনাঙ্ক, $\omega = 2\pi f$
দেওয়া আছে, $f = 100$ Hz
কার্যকর মান, $I_{rms} = 70.70$A
$\therefore$ শীর্ষমান, $I_0 = \sqrt{2} \times I_{rms}$
$= \sqrt{2} \times 70.70$
$= 99.98$A
≈ 100A
$\therefore$ উৎসের সমীকরণ,
$I = I_0 \sin 2\pi f t$
$= 100 \sin 200\pi t$

প্রবাহটিকে লেখচিত্রে নিম্নরূপে দেখানো হলো :



প্রশ্ন ▶২২ শুভ দেখল যে, একটি দিক পরবর্তী তড়িৎ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ $I = 5\sin 628t$ সমীকরণ অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়। তার কলেজের বড় ভাই সাদিক বলল, 1.48×10^{-3}sec পর বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ 4A হবে। *[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]*

ক. আলোর ব্যতিচার কী? ১
খ. সমআয়তন প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ শূন্য হয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকের দিক পরিবর্তী প্রবাহটির আকৃতি গুণাংক কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের শুভ এর বড় ভাই সাদিকের উক্তিটির সঠিক কি-না তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াকে আলোর ব্যতিচার বলে।

খ গ্যাসের সমআয়তন প্রক্রিয়ায় কোনো কাজ হয় না। এর কারণ হলো, এ সময় গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে না, ফলে চাপ ও বল প্রযুক্ত হওয়া সত্ত্বেও বলের প্রয়োগবিন্দুর সরণ ঘটে না। তাই W= Fx (F = প্রযুক্তবল, x = বলের দিকে সরণ) সূত্রানুসারে x = 0 হওয়ায় সমআয়তন প্রক্রিয়ায় গ্যাস কোনো কাজ করে না এবং এর ওপর বহিঃস্থ এজেন্ট দ্বারাও কোনো কাজ করা হয় না।

গ উদ্দীপকের দিক পরিবর্তী প্রবাহের গড় বর্গের বর্গমূল I_{rms} হলে,

$$I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times I_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 5 = 3.535A$$

এখানে, শীর্ষমান, $I_0 = 5A$

উদ্দীপকের দিক পরিবর্তী প্রবাহের গড় মান I_{av} হলে,

$$I_{av} = \frac{2}{\pi} \times I_0 = \frac{2}{\pi} \times 5 = 3.183$$

এখানে, শীর্ষমান, $I_0 = 5A$

∴ উদ্দীপকের দিক পরিবর্তী প্রবাহের আকৃতি গুণাঙ্ক

$$= \frac{\text{গড় বর্গের বর্গমূল মান}}{\text{গড় মান}} = \frac{3.535}{3.183} = 1.11 \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ দেয়া আছে, দিক পরিবর্তী তড়িৎ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ, $I = 5 \sin 628t$

এখন, 1.48×10^{-3} sec পর তড়িৎ প্রবাহ I হলে,

$$I = 5 \sin(628 \times 1.48 \times 10^{-3}) = 5 \sin (0.92944) = 5 \times 0.8 = 4A$$

অর্থাৎ, শুভ এর বড় ভাই সাদিকের উক্তিটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶২৩ একটি চৌম্বক ক্ষেত্রের $\vec{B} = 5\hat{i}$ Tesla, উক্ত ক্ষেত্রে একটি খোলা পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}$ cm^2। *[মাগুড়া সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. লেঞ্জের সূত্রটি বিবৃত কর। ১
খ. DC 220V অপেক্ষা AC 220V বিপজ্জনক কেন ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত পৃষ্ঠের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত ফ্লাক্স weber এককে নির্ণয় কর। ৩
ঘ. যদি উদ্দীপকে বর্ণিত A ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট পৃষ্ঠের তলটি চৌম্বক ক্ষেত্র B এর সাথে 30° কোণে অবস্থিত হয়, তবে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের কোনো পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো তড়িৎ চৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িচ্ছালক শক্তি বা প্রবাহের দিক এমন হয় যে, তা সৃষ্টি হওয়া মাত্রই যে কারণে সৃষ্টি হয় সেই কারণকেই বাধা দেয়।

খ 220V D.C. অপেক্ষা 220V A.C. বেশি বিপদজনক কারণ 220V ডি.সি তে শক পেলে তা 220V দ্বারাই হবে। কিন্তু A.C. এর r.m.s মান 220V হলে এর শীর্ষ মান হবে $220 \times \sqrt{2} = 311V$ প্রায়। এ কারণে আপাত মান একই হলেও 220V A.C. বেশি বিপজ্জনক।

গ দেওয়া আছে, চৌম্বক ক্ষেত্র, $\vec{B} = 5\hat{i}$ T

পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল, $\vec{A} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k})\ cm^2 = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}) \times 10^{-4}\ m^2$

পৃষ্ঠের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত ফ্লাক্স, $\phi = ?$

আমরা জানি, $\phi = \vec{A}.\vec{B}$

$$= [(2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}) \times 10^{-4}].(5\hat{i})Tm^2$$
$$= 5 \times 2 \times 10^{-4}\ \hat{i}.\hat{i}\ Tm^2$$
$$= 1 \times 10^{-3}\ Tm^2$$
$$= 1 \times 10^{-3} Wb \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে, $\vec{B} = 5\hat{i}$ T

$\therefore B = |\vec{B}| = \sqrt{5^2} = 5$ T

এবং $\vec{A} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k})\ cm^2$

$\therefore A = |\vec{A}| = \sqrt{2^2 + 3^2 + (-\sqrt{3})^2}\ cm^2 = 4cm^2 = 4 \times 10^{-4}\ m^2$

ক্ষেত্রতল এবং চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যবর্তী কোণ = 30°

∴ ক্ষেত্র ভেক্টর এবং চৌম্বকক্ষেত্র ভেক্টরের মধ্যকার কোণ

$\theta = 90° - 30° = 60°$

এখন, চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = AB\cos\theta = 4 \times 10^{-4} \times 5 \times \cos 60°\ Tm^2 = 1 \times 10^{-3}$ Wb

সুতরাং অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের কোনো পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶২৪ একটি দিক পরিবর্তী প্রবাহকে $I = 10 \sin 200\pi t$ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হলো। *[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, কুমিল্লা]*

ক. হিস্টেরেসিস কী? ১
খ. তড়িৎ চৌম্বকীয় আবেশের ফ্যারাডের সূত্রগুলো লেখ। ২
গ. তড়িৎ প্রবাহের মান শূন্য থেকে শীর্ষে পৌঁছতে কত সময় লাগবে? ৩
ঘ. প্রদত্ত প্রবাহটিকে যদি 100Ω রোধের মধ্যে দিয়ে চালনা করা হয় তাহলে দেখাও যে, উত্তাপজনিত শক্তিক্ষয় $5000Js^{-1}$। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চৌম্বক পদার্থের বিচুম্বকিত হতে অনীহা বা শৈথিল্য প্রদর্শন করাকে হিসটেরেসিস বলে।

খ **প্রথম সূত্র:** কোনো বদ্ধ কুন্ডলীতে আবদ্ধ চৌম্বক আবেশ রেখার সংখ্যা বা চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন হলে কুন্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয় এবং যতক্ষণ এ পরিবর্তন স্থায়ী হয়, কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহও ততক্ষণ স্থায়ী হয়।

দ্বিতীয় সূত্র: কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল, সময়ের সাথে ঐ কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।

এক পাকের কোনো বদ্ধ কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তন dt সময়ে $d\phi_B$ হলে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে কুন্ডলীতে ঐ সময়ের আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল-

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 2.5×10^{-3}sec

ঘ ২ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ২৫ ব্যবহারিক ক্লাসে তুষ্টি লক্ষ্য করলো 5 পাকের এবং 4H আবেশ গুণাঙ্কের একটি কুণ্ডলীর মধ্যদিয়ে একটি দণ্ড চুম্বক আনা-নেয়া করলে 10 sec এ 0.5A দিক পরিবর্তী প্রবাহ তৈরি হয়। সে ভাবলো, এই দণ্ড চুম্বকটিকে একটি সরল দোলকের সাথে বব হিসেবে ব্যবহার করলে নিরবিচ্ছিন্ন তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া সম্ভব।

[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ, রাজশাহী]

ক. টেসলা কী? ১

খ. স্থির চার্জের উপর চৌম্বক বল শূন্য হয়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি কত? ৩

ঘ. তুষ্টির ভাবনাটির যৌক্তিকতা বিশ্লেষণ করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ কোনো চৌম্বকক্ষেত্রে একটি গতিশীল আধান একটি বল লাভ করে। এই বলকে বলা হয় লরেঞ্জ চৌম্বক বল।

যদি +q আধান কোনো সুষম চৌম্বকক্ষেত্র $\vec{B}$ তে $\vec{v}$ বেগে গতিশীল হয় তবে চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল চৌম্বক বল, $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$

বা, $F_m = qvB\sin\theta$

চার্জ বা আধানটি যদি স্থির হয় অর্থাৎ যদি $v = 0$ হয় তাহলে,

চৌম্বক বল, $F_m = 0$

ফলে স্থির চার্জের উপর চৌম্বক বল শূন্য হবে।

গ এখানে, কুণ্ডলীতে,

পাক সংখ্যা, $N = 5$

আবেশ গুণাঙ্ক, $L = 4H$

সময়ের সাথে প্রবাহের পরিবর্তনের হার, $\frac{dI}{dt} = \frac{0.5}{10} As^{-1}$

$= 0.05As^{-1}$

আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি, $\varepsilon = ?$

আমরা জানি, $\varepsilon = NL\frac{dI}{dt}$

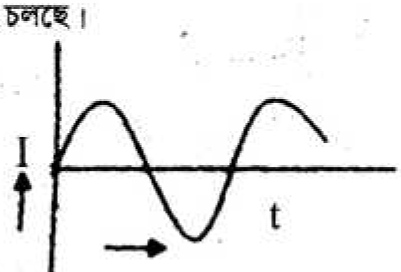
$= (5 \times 4 \times 0.05)V$

$= 1V$ **(Ans.)**

ঘ দণ্ড চুম্বকটি কুণ্ডলীর মধ্যে দ্রুত আনা নেওয়া করলে লেঞ্জের সূত্রানুসারে আবিষ্ট চৌম্বক বল চুম্বকটিকে বাধা দেবে এবং দোলকের গতি বিঘ্নিত হবে।

তাই একটি নির্দিষ্ট সময় পরে দণ্ড চুম্বকসহ দোলকটি থেমে যাবে। ফলে দণ্ড চুম্বক ও কুণ্ডলীর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকবে না এবং ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুযায়ী কুণ্ডলীতে কোনো তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে না অর্থাৎ কোনো প্রবাহ পাওয়া যাবে না। সুতরাং তুষ্টির ভাবনাটি অযৌক্তিক।

প্রশ্ন ▶ ২৬ একটি AC প্রবাহের পথ দেখানো হলো। এটি $I = 40\sin563t$ প্রবাহে চলছে।



[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]

ক. তড়িচ্চালক শক্তির RMS মান কী? ১

খ. পরিবাহীর ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রবাহের পর্যায়কাল কত? ৩

ঘ. প্রবাহের শীর্ষমান মূল প্রবাহের সাথে কীভাবে পরিবর্তিত হয়? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পূর্ণ চক্রের বিভিন্ন সময়কার তড়িচ্চালক শক্তির বর্গের গড়ের বর্গমূলকে তড়িচ্চালক শক্তির R.M.S মান বা গড় বর্গের বর্গমূল মান বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ

এখানে,
তড়িৎ প্রবাহের সমীকরণ, $I = 40\sin563t$
পর্যায়কাল, $T = ?$

প্রবাহের মূল সমীকরণ, $I = I_0\sin2\pi ft$

প্রদত্ত সমীকরণের সাথে তুলনা করে পাই, $2\pi ft = 563t$

বা, $f = \frac{563}{2\pi}$

বা, $f = 89.6$ Hz

এখন, পর্যায়কাল, $T = \frac{1}{f}$

$= \frac{1}{89.6}$

$= 0.0112$ sec **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকে প্রদত্ত প্রবাহ মাত্রার সমীকরণ

$I = 40\sin(563t)$

প্রবাহের শীর্ষমান $I_0 = 40$ যা একটি ধ্রুব সংখ্যা

সময়ের সাথে মূল প্রবাহের পরিবর্তন হয়,কিন্তু শীর্ষমান ধ্রুব থাকে।

যেহেতু পর্যায়কাল 0.0112sec, সুতরাং $\frac{0.0112}{2} = 0.056$sec পরপর প্রবাহটি শীর্ষমান প্রাপ্ত হয়।

প্রশ্ন ▶ ২৭ দুটি কুণ্ডলী X ও Y এর মধ্যকার পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক 3mH। X কুণ্ডলীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা 0.05 sec এ 1 Amp থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 8 Amp হলো। Y কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা 400।

[এম. সি. একাডেমী (মডেল স্কুল এন্ড কলেজ), সিলেট]

ক. চৌম্বক ফ্লাক্স কাকে বলে? ১

খ. দেখাও যে, লেঞ্জের সূত্র শক্তির নিত্যতার সূত্রটি মেনে চলে। ২

গ. Y-এর আবিষ্ট তড়িৎচালক শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. Y-তে পাকসংখ্যা দ্বিগুণ করা হলে চৌম্বক ফ্লাক্সের গড় পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট তলের ভেতর দিয়ে লম্বভাবে অতিক্রান্ত বলরেখার পরিমাণকে ঐ তলের চৌম্বক ফ্লাক্স বলে।

খ লেঞ্জের সূত্র থেকে আমরা জানি, কোনো কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি এর সৃষ্টির কারণকেই বাধা দেয়। কোনো কুণ্ডলী ও চুম্বকের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক গতির জন্য কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের উদ্ভব হয় যা ঐ আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয়। সুতরাং ঐ গতি বজায় রাখার জন্য সর্বদা কিছু যান্ত্রিক শক্তি ব্যয় করতে হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। সুতরাং লেঞ্জের সূত্র শক্তির নিত্যতা মেনে চলে।

গ গৌণ কুণ্ডলী
Y-তে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি,

$\varepsilon = M\frac{dI}{dt}$

$= 3 \times 10^{-3} \times \frac{7}{0.05}$

$= 0.42$ V **(Ans.)**

এখানে,
পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক,
$M = 3$ mH
$= 3 \times 10^{-3}$H
পাকসংখ্যা, $N = 400$
মূখ্যকুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের পার্থক্য, $dI = (8 - 1)A = 7A$
সময়, $t = 0.05$ sec

ঘ Y কুণ্ডলীর চৌম্বক ফ্লাক্স

$\varphi = N AB$

আবার চৌম্বক ক্ষেত্র, $B = N\frac{\mu_0 I}{2r}$

অতএব, $\varphi = N^2\frac{A\,\mu_0 I}{2r}$

এখন, পাকসংখ্যা দ্বিগুণ করা হলে চৌম্বক ফ্লাক্সের মান হবে

$\varphi \propto N^2$ = [যখন অন্য রাশিগুলো স্থির]

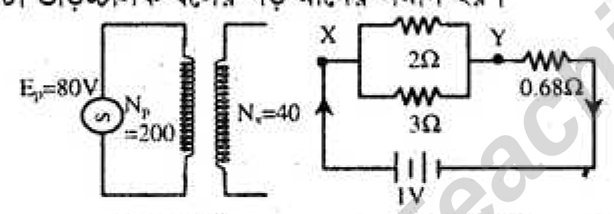
বা, $\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{N_2^2}{N_1^2}$

বা, $\varphi_2 = \frac{(2N_2)^2}{N_1} \times \varphi_1$

$= 4\varphi_1$

অতএব, Y-তে পাকসংখ্যা দ্বিগুণ করা হলে চৌম্বক ফ্লাক্স চারগুণ হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ২৮ মনির ও রিপন নিম্নের দুটি বর্তনী নিয়ে কাজ করছে। মনির কিছুক্ষণ পর বলল, ২য় বর্তনীতে ১ম বর্তনীর গৌণ কুন্ডলীতে উৎপন্ন তড়িচ্চালক বলের বিস্তারের সমান বিভব প্রয়োগ করলে ২য় বর্তনীর xy বিন্দুর বিভব গৌণ কুন্ডলীর তড়িচ্চালক বলের সমান হয়। কিন্তু রিপন বলল, এটা তড়িচ্চালক বলের গড় মানের সমান হয়।



১ম বর্তনী　　২য় বর্তনী

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. তড়িৎ চৌম্বক আবেশ কী? ১
খ. সমান্তরাল পাত ধারকের মাঝে অন্তরক পদার্থ রাখা হয় কেন? ২
গ. ১ম বর্তনী চালু করার 3 সেকেন্ড পর গৌণ কুন্ডলীতে ফ্লাক্সের পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কার উক্তি সত্য— গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবর্তনশীল চৌম্বক ফ্লাক্স তথা ক্ষেত্র দ্বারা বন্ধ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল তথা তড়িৎ প্রবাহের উৎপত্তির ঘটনাকে তড়িচুম্বকীয় আবেশ বলে।

খ দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যবর্তী স্থান শূন্য বা বায়ু মাধ্যম ভিন্ন অন্য কোন অপরিবাহী বা অন্তরক মাধ্যম হলে বিন্দু চার্জ দুটিকে পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন রাখে। এরূপ মাধ্যমকে তড়িৎ বিভাজক বা ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যম বলে। সমান্তরাল পাত ধারকের মাঝে ডাই ইলেকট্রিক স্থাপন করা হয় কারণ এতে সচল ইলেকট্রন থাকে না। ডাই ইলেকট্রিকে কিছু আধান দিলে উক্ত আধান ডাই ইলেকট্রিকের যে অঞ্চলে দেয়া হয় সেখানেই জমা হয়ে থাকে। তাই ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে অন্তরক পদার্থ ব্যবহৃত হয়।

গ

$\frac{E_p}{N_p} = \frac{E_s}{N_s}$

$\therefore E_s = \frac{E_p}{N_p} \times N_s$

$= \frac{80}{200} \times 40$

$= 16$ V

$= \frac{d\varphi}{dt}$

= একক সময়ে পরিবর্তিত ফ্লাক্স

দেওয়া আছে,
মুখ্য কুণ্ডলীতে,
বিভব, $E_p = 80$ V
পাক সংখ্যা, $N_p = 200$
গৌণ কুণ্ডলীতে,
পাক সংখ্যা, $N_s = 40$

$\therefore$ 3s এ ফ্লাক্সের পরিবর্তন $= 16 \times 3 = 48$ Wb **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, তড়িচ্চালক বলের বিস্তার ε হলে, গড় মান, $\bar{\varepsilon} = 0.637\ \varepsilon$ এবং rms মান, $\varepsilon_{rms} = 0.707\ \varepsilon$
গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল = তড়িচ্চালক বলের rms মান = 16V. [(গ) হতে]

$\therefore$ তড়িচ্চালক বলের বিস্তার, $\varepsilon = \frac{16}{0.707} = 22.63$ V

= ২য় বর্তনীতে বিভব, V

এখন, দ্বিতীয় বর্তনীর তুল্য রোধ, $R = 0.68 + \frac{1}{\frac{1}{2}+\frac{1}{3}}$

$= 1.88\ \Omega$

$\therefore V_{xy} = V - I \times 0.68$

$= V - \frac{V}{R} \times 0.68$

$= 22.63 - \frac{22.63}{1.88} \times 0.68$

$= 14.44$ V

$= 0.637 \times 22.63$

= গৌণ কুণ্ডলীর তড়িচ্চালক বলের বিস্তারের গড় মান

$\therefore$ রিপনের উক্তি সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ২৯ দুইটি দিক পরিবর্তী প্রবাহের সমীকরণ যথাক্রমে $I_1 = 50 \sin 628\,\pi t$ এবং $I_2 = 50 \sin 400\pi t$.

[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]

ক. বিনতি কী? ১
খ. A.C প্রবাহ D.C প্রবাহের চেয়ে কেন বিপজ্জনক? ২
গ. প্রথম সমীকরণে তড়িতের গড় মান কত? ৩
ঘ. আকৃতি গুণাঙ্কের মান কম্পাংকের ওপর নির্ভরশীল নয়— উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্র অনুভূমিকের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে বিনতি বলে।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে R.M.S বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V.

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৩০ সুশান্ত স্যার পরীক্ষাগারে কোনো একটি পরীক্ষণে একটি স্টেপ-আপ ট্রান্সফরমার ব্যবহার করেন, যাতে মুখ্য ও গৌণ কুন্ডলীর পাক সংখ্যার অনুপাত 1:20। ট্রান্সফরমারে 100V প্রয়োগ করলে এর আউটপুটে 2 amp বিদ্যুৎ প্রবাহ পাওয়া গেল। সুশান্ত স্যার শিক্ষার্থীদের বললেন, ট্রান্সফরমারের মুখ্য কুন্ডলী থেকে বিদ্যুৎ শক্তির পুরোটাই গৌণ কুন্ডলীতে সঞ্চালিত হয়। */রাঙামাটি সরকারি কলেজ/*

ক. টেসলা কী? ১

খ. বিদ্যুৎবাহী তারের নিকট চুম্বক শলাকা বিক্ষিপ্ত হয় কেন? ২

গ. গৌণ কুন্ডলীতে সৃষ্ট ভোল্টেজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. মুখ্য কুন্ডলী থেকে গৌণ কুন্ডলীতে শক্তি সঞ্চালন সংক্রান্ত সুশান্ত স্যারের বক্তব্য প্রমাণ কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ বিদ্যুৎবাহী তারের নিকট চুম্বক শলাকা বিক্ষিপ্ত হয়। একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে তার চারপাশে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়। এই চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাসমূহ চুম্বক শলাকার বলরেখাসমূহের সাথে অন্তঃক্রিয়া করে। তখন লব্ধি বলরেখা একটি ভিন্ন প্যাটার্নে সজ্জিত হওয়ার চেষ্টা করে ফলে চুম্বক শলাকার একপাশে আকর্ষণ ও অপরপাশে বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। একারণেই এটি বিক্ষিপ্ত হয়।

গ

ভোল্টেজ ও পাকসংখ্যার মধ্যে সম্পর্ক, $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$

বা, $V_s = \frac{N_s}{N_p} \times V_p$

$= \frac{20}{1} \times 100$

$= 2000V$ **(Ans)**

এখানে,
মুখ্য ও গৌণকুন্ডলীর পাকসংখ্যার অনুপাত, $\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{20}$
মুখ্য কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $V_p = 100V$
গৌণ কুন্ডলীর ভোল্টেজ, $V_s = ?$

ঘ

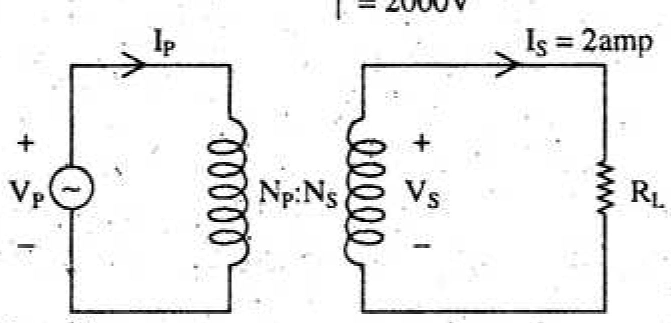
মুখ্য কুণ্ডলীর শক্তি,

$W_p = V_p I_p t$ ....(1)

এবং গৌণকুণ্ডলীর শক্তি,

$W_s = V_s I_s t$ .... (2)

এখানে,
মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা = N_p
গৌণ কুন্ডলীর পাক সংখ্যা, = N_s
মুখ্য ও গৌণকুন্ডলীর পাকসংখ্যার অনুপাত, $\frac{N_p}{N_s} = \frac{1}{20}$
বিভব, $V_p = 100V$
গৌণ কুন্ডলীর প্রবাহ, $I_s = 2$ amp
'গ' হতে গৌণ কুন্ডীলর বিভব, $V_s = 2000V$



এখন, $\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$

বা, $I_p = \frac{20}{1} \times 2$

$= 40$ amp

(1) হতে, $W_p = 100 \times 40 \times t$

$= 4000\, t$ J

(2) হতে,

$W_s = 2000 \times 2 \times t$

$= 4000\, t$ J

$\therefore \frac{W_s}{W_p} = \frac{4000\,t}{4000t} = 1$

বা, $W_s = W_p$

∴ সুশান্ত স্যারের বক্তব্য যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ৩১ কোনো স্থানে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B} = 10\hat{i}$ T। উক্ত ক্ষেত্রে একটি কল্পিত খোলা পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $\vec{A} = (\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k})$ C.G.S একক। */খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ/*

ক. পারস্পরিক আবেশ গুণাংক কাকে বলে? ১

খ. A.C Current এর চেয়ে D.C Current বেশি বিপজ্জনক কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ক্ষেত্রফলের মধ্যে দিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স কত হবে? ৩

ঘ. $\vec{A}$ কে $\vec{B}$ এর সাথে 60° কোণে স্থাপন করা হলে সৃষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্স সমকোণে স্থাপনের কারণে সৃষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্সের চেয়ে কতটুকু বেশি বা কম হবে? ব্যাখ্যা কর। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মুখ্য কুন্ডলীতে একক তড়িৎ প্রবাহের জন্য গৌণ কুন্ডলীতে সংযুক্ত ফ্লাক্সকে পারস্পরিক আবেশ গুণাংক বলে।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে R.M.S বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V.

গ

চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$

$= (\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}) \times 10^{-4} \cdot 10\hat{i}$

$= 10 \times 10^{-4}$ Wb

$= 10^{-3}$ Wb **(Ans.)**

এখানে,
চৌম্বক ক্ষেত্র, $\vec{B} = 10\hat{i}$
ক্ষেত্রফল, $\vec{A} = (\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k})\ cm^2$
চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = ?$

ঘ

$\vec{A}$ কে $\vec{B}$ এর সাথে 60° কোণে স্থাপন করলে,

$\phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$

$= AB\cos\theta$

যেখানে θ হচ্ছে ক্ষেত্রফল ভেক্টর A এবং B এর মধ্যবর্তী কোণ। A এর দিক তলের সাথে লম্ব বরাবর।

এখানে,
ক্ষেত্রফল, $\vec{A} = (\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k})\ cm^2$
$A = \sqrt{1^2 + 1^2 + 3^2}\ cm^2$
$= \sqrt{11} \times 10^{-4}\ m^2$
চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B} = 10\hat{i}$ T
$= \sqrt{10^2}$ T
$= 10$ T

$\therefore \phi = \sqrt{11} \times 10^{-4} \times 10 \times \cos 60°$

$= \frac{\sqrt{11}}{2} \times 10^{-3}$Wb

$\vec{A}$ কে $\vec{B}$ এর সাথে সমকোণে স্থাপন করলে θ = 90° হবে এবং $\phi = \sqrt{11} \times 10^{-4} \times 10 \cos 90° = 0$ হবে।

অর্থাৎ সমকোণে স্থাপন করার চেয়ে 60° কোণে স্থাপন করলে ফ্লাক্স বাড়বে এবং এই বৃদ্ধির পরিমাণ $= \frac{\sqrt{11}}{2} \times 10^{-3}$Wb

$= 1.66 \times 10^{-3}$Wb

প্রশ্ন ▶ ৩২ পাশাপাশি অবস্থিত A ও B দুটি কুণ্ডলী। A এর পাক সংখ্যা 400 এবং B এর পাক সংখ্যা A এর দেড়গুণ। A কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে 2A তড়িৎ প্রবাহের ফলে এর স্বকীয় আবেশ গুণাংক হয় 0.48H। A কুণ্ডলীর প্রবাহ 0.02 sec সময়ে শূন্যে নামিয়ে আনলে B কুণ্ডলীতে তড়িৎ চৌম্বক আবেশ ঘটে। *[নরসিংদী মডেল কলেজ]*

ক. কাল দীর্ঘায়ন কি? ১

খ. ডিসি কারেন্ট অপেক্ষা এসি কারেন্ট অধিক বিপদজনক ব্যাখ্যা কর। ২

গ. A কুন্ডলীর প্রতি পাকে জড়িত চৌম্বক ফ্লাক্স নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কুন্ডলী দুটিতে অন্তর্গামী ও বহিঃর্গামী ক্ষমতা অভিন্ন হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে R.M.S বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V.

গ এখানে,

A এর পাক সংখ্যা, $N = 400$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 2A$

স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক, $L = 0.48H$

A এর চৌম্বক ফ্লাক্স, $\phi = ?$

আমরা জানি,

$$N\phi = LI$$

$$\phi = \frac{LI}{N} = \frac{0.48 \times 2}{400} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ Wb (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

A এর পাকসংখ্যা, $N_A = 400$

B এর পাকসংখ্যা, $N_B = 1.5 \times 400 = 600$

A এর তড়িৎপ্রবাহ, $I_A = 2A$

সময়, $dt = 0.02s$

A ও B এর তড়িৎচ্চালক শক্তি যথাক্রমে E_A ও E_B

আমরা জানি,

$$E = L\frac{dI}{dt}$$

$$\text{বা, } E_A = L_A\frac{dI_A}{dt} = 0.48 \times \frac{2}{0.02}$$

$$\therefore E_A = 48 \text{ V}$$

আবার,

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{N_A}{N_B}$$

$$\text{বা, } E_B = E_A \times \frac{N_B}{N_A} = 48 \times \frac{600}{400}$$

$$\therefore E_B = 72 \text{ V}$$

আবার,

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{I_B}{I_A}$$

$$\therefore I_B = \frac{N_A}{N_B} \times I_A = \frac{400}{600} \times 2 = \frac{4}{3} \text{ A}$$

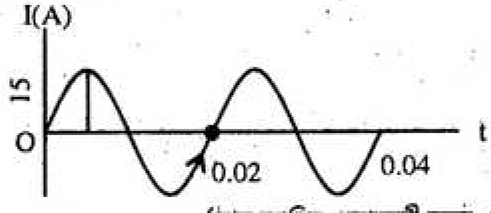
এখানে,

অন্তঃগামী ক্ষমতা, $E_AI_A = 48 \times 2 = 96$ W

বহিঃগামী ক্ষমতা, $E_BI_B = 72 \times \frac{4}{3} = 96$ W

সুতরাং বলা যায়, কুণ্ডলী দুটিতে অন্তর্গামী ও বহির্গামী ক্ষমতা অভিন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ একাডেমীর শ্রেণিকক্ষে প্রোজেক্টরের পর্দায় মাসুম স্যার নিম্নলিখিত সংকেতটি প্রদর্শন করে শিক্ষার্থীদের মূল নিয়মে I_{rms} এর মান হিসেব করতে বললেন।



[আল আমিন একাডেমী স্কুল এন্ড কলেজ, চাঁদপুর]

ক. তড়িৎ চৌম্বক আবেশ কাকে বলে? ১

খ. DC অপেক্ষা AC ব্যবহার করা বিপজ্জনক কেন-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\frac{1}{300}$ sec পর বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা কত হবে হিসাব করো। ৩

ঘ. মাসুম স্যারের নির্দেশ মোতাবেক শিক্ষার্থীদের হিসাবকৃত মান, 'গ' হতে প্রাপ্ত মান অপেক্ষা কম না বেশি হবে-বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবর্তনশীল চৌম্বক ফ্লাক্স তথা ক্ষেত্র দ্বারা বন্ধ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল তথা তড়িৎ প্রবাহের উৎপত্তির ঘটনাকে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ বলে।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে R.M.S বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V.

গ উদ্দীপকের পরিবর্তী প্রবাহের চিত্রানুযায়ী,

এর সমীকরণ, $I = I_o \sin\omega t = (15A) \sin\frac{2\pi}{T}t$

এখানে, T = পর্যায়কাল = 0.02 Sec

$$\therefore I = (15A)\sin\left(\frac{2\pi}{0.02 \text{ sec}}t\right) = (15A)\sin(100\pi t)$$

$\therefore t = \frac{1}{300}$ sec মুহূর্তকাল বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা,

$$I = (15A)\sin\left(100\pi \times \frac{1}{300}\right) = (15A)\sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = (15A) \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 12.99\text{A (Ans.)}$$

ঘ এখানে, পরিবর্তী প্রবাহের শীর্ষমান, $I_o = 15A$

উক্ত প্রবাহের I_{rms} মান এখানে মূল নিয়মে নির্ণয় করা হলো।

$$I^2_{rms} = \frac{1}{T}\int_0^T I^2 dt = \frac{1}{T}\int_0^T I^2_o \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t\right) dt$$

$$= \frac{I_o^2}{T}\int_0^T \frac{1}{2}\left[1 - \cos\frac{4\pi}{T}t\right] dt$$

$$= \frac{I_o^2}{2T}\left[t - \frac{\sin\frac{4\pi t}{T}}{\frac{4\pi}{T}}\right]_0^T$$

$$= \frac{I_0^2}{2T}\left[T - 0 - \frac{\sin\frac{4\pi T}{T}}{\frac{4\pi}{T}} + \frac{\sin\frac{4\pi.0}{T}}{\frac{4\pi}{T}}\right]$$

$$= \frac{I_0^2}{2T}\left[T - \frac{T}{4\pi}\sin(4\pi) + \frac{T}{4\pi}\sin 0\right]$$

$$= \frac{I_0^2}{2T}\left[T - \frac{T}{4\pi}\times 0 + \frac{T}{4\pi}\times 0\right] = \frac{I_0^2}{2T}.T = \frac{I_0^2}{2}$$

$$\therefore I_{rms} = \sqrt{\frac{I_0^2}{2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{15A}{\sqrt{2}} = 10.6A$$

এখানে, $10.6A < 12.99A$ ('গ' এ প্রাপ্ত মান)

সুতরাং, 'গ' হতে প্রাপ্ত মান অপেক্ষা শিক্ষক মহোদয়ের নির্দেশনা মোতাবেক শিক্ষার্থী কর্তৃক প্রাপ্ত মান কম হবে।

প্রশ্ন ▶৩৪ দুটি দিকপরিবর্তী প্রবাহের তড়িচ্চালক বলের সমীকরণ, $E = E_0 \sin\omega t$ এবং $E = E_0 \sin\left[\omega\left(t + \frac{T}{6}\right)\right]$ নির্দেশিত, যা 20Ω রোধের সাথে যুক্ত। *[সরকারি মহিলা কলেজ, পাবনা]*

ক. হল ভোল্টেজ কাকে বলে? ১

খ. রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কোষের দুই প্রান্তের চেয়ে কম হয়– ব্যাখ্যা করো। ২

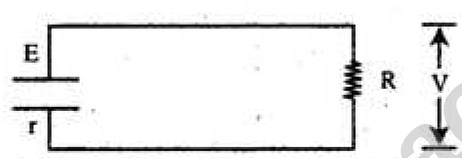
গ. প্রথম সমীকরণে $E_0 = 220V$ ও $\omega = 200\pi$ হলে প্রবাহ মাত্রার কম্পাঙ্ক তড়িৎ প্রবাহের শীর্ষমান, তড়িৎ প্রবাহের গড় মান ও মূল গড় বর্গমান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রবাহদ্বয়ের মধ্যে দশা পার্থক্য নির্ণয় কর। প্রবাহদ্বয়ের দশা কখনো শূন্য হতে পারে কি –গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তড়িৎবাহী পরিবাহককে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাকে হল বিভব পার্থক্য বলে।

খ



পাশের বর্তনীটি লক্ষ করি। এখানে কোষের তড়িচ্চালক বল E, অভ্যন্তরীণ রোধ r, বহিঃস্থ রোধ R এবং এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য = V

তড়িৎপ্রবাহ I হলে $I = \frac{E}{R + r}$ বা, $E = IR + Ir$; যা শক্তির সংরক্ষণনীতি নির্দেশ করে।

এখানে, IR = বহিঃস্থ রোধের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, V

$r \neq 0$ হলে $E > V$ তবে $r = 0$ হলে $E = V$

অর্থাৎ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ থাকার কারণেই বহিঃস্থ রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কোষের কথিত (Nominal) তড়িচ্চালক বলের চেয়ে কম হয়।

গ এখানে তড়িচ্চালক বলের প্রথম সমীকরণ, $E = E_0 \sin\omega t$

$= 220 \sin(200\pi t)$

$[\because E_0 = 220V; \omega = 200\pi]$

রোধ, $R = 20\Omega$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R} = \frac{220\sin(200\pi t)}{20\Omega} = 11\sin(200\pi t)$ A

একে $I = I_0 \sin(2\pi f t)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$2\pi f t = 200\pi t$

$\therefore$ প্রবাহ মাত্রার কম্পাঙ্ক, $f = \frac{200\pi t}{2\pi t} = 100$ Hz

তড়িৎ প্রবাহের শীর্ষমান, $I_0 = 11A$

তড়িৎপ্রবাহের গড় মান, $\bar{I} = 0.637 I_0 = 0.637 \times 11A$

$= 7.007A \approx 7A$

মূল গড় বর্গমান, $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{11A}{\sqrt{2}} = 7.78A$

ঘ প্রথম প্রবাহের দশা $= \omega t$ এবং ২য় প্রবাহের দশা $= \omega\left(t + \frac{T}{6}\right)$

$\therefore$ প্রবাহদ্বয়ের মধ্যে দশা পার্থক্য $= \omega\left(t + \frac{T}{6}\right) - \omega t$

$= \omega t + \omega\frac{T}{6} - \omega t = \omega\frac{T}{6} = \frac{2\pi}{T}\frac{T}{6} = \frac{\pi}{3}$ rad

অতএব, প্রবাহদ্বয়ের দশা শূন্য হতে পারে।

প্রথম প্রবাহের দশা শূন্য হবে যখন $\omega t = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, 8\pi$ ....

বা, $\frac{2\pi}{T} t = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, 8\pi$ ....

বা, $t = 0, T, 2T, 3T, 4T$ .... ইত্যাদি সময়ে দশা শূন্য হবে।

[T দ্বারা পর্যায়কাল বুঝায়]

দ্বিতীয় প্রবাহের দশা শূন্য হবে যখন,

$\omega\left(t + \frac{T}{6}\right) = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, 8\pi$ ....

বা, $\frac{2\pi}{T} t + \frac{2\pi}{T}\frac{T}{6} = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, 8\pi$ ....

বা, $\frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi}{3} = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, 8\pi$ ....

বা, $\frac{2\pi}{T} t = -\frac{\pi}{3}, \frac{5\pi}{3}, \frac{11\pi}{3}, \frac{17\pi}{3}$ ....

বা, $t = \frac{T}{6}, \frac{5T}{6}, \frac{11T}{6}, \frac{17\pi}{6}$ ইত্যাদি মুহূর্তকালে দশা শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶৩৫ নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

দুটি প্রবাহকে যথাক্রমে $I_1 = 5\sin\omega t$ এবং $I_2 = 10\sin[\omega(t + T/6)]$ সমীকরণ দ্বারা নির্দেশ করা হলো– *[এম. ই. এইচ আরিফ কলেজ]*

ক. AC প্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. ট্রান্সফর্মার AC লাইনে ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম প্রবাহের বর্গমূলীয় গড়মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রবাহদ্বয়ের আদি দশার সমষ্টি তাদের দশা পার্থক্যের সমান। উক্তিটি সত্যতা যাচাই করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ যদি একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর দিক পরিবর্তন করে এবং নির্দিষ্ট সময় পরপর সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান প্রাপ্ত হয় সেই তড়িৎ প্রবাহকে AC প্রবাহ বলে।

খ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে যদি DC ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তাহলে কোরের মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বকফ্লাক্স অতিক্রম করবে। তখন $\frac{d\phi}{dt} = 0$ হওয়ায় তড়িৎচৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে $\left(\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt}\right)$ গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের মান শূন্য। ফলে DC লাইনে ট্রান্সফরমার ব্যবহার করলে গৌণ কুণ্ডলীতে কোনো তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয় না। তাই আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি পাওয়ার জন্য ট্রান্সফরমার AC লাইনে ব্যবহার করা হয়।

গ এখানে, প্রবাহের সমীকরণ

$I_1 = 5\sin\omega t$

মূল সমীকরণ, $I = I_p \sin\omega t$

এর সাথে তুলনা করে পাই,

$I_p = 5A$

$\therefore$ প্রবাহের বর্গমূলীয় গড়মান, $I_{r.m.s} = \frac{5}{\sqrt{2}}$

$= 3.54$ A

ঘ উদ্দীপক হতে পাই, প্রবাহটির সমীকরণ

$I_1 = 5\sin\omega t$

এবং $I_2 = 10\sin\left[\omega\left(t + \frac{T}{6}\right)\right]$

প্রথম প্রবাহের সাথে মূল সমীকরণের তুলনা করে পাই,

$I = I_p \sin(\omega t + \delta)$

আদি দশা, $\delta_1 = 0$

দ্বিতীয় প্রবাহের সাথে মূল সমীকরণের তুলনা করে পাই,

$$I_2 = 10\sin\left(\omega t + \frac{\omega t}{6}\right)$$
$$= 10\sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{T}\cdot\frac{T}{6}\right)$$
$$= 10\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$$

অর্থাৎ, আদি দশা, $\delta_2 = \frac{\pi}{3}$

প্রবাহদ্বয়ের আদি দশার সমষ্টি $= \delta_1 + \delta_2$

$= 0 + \frac{\pi}{3}$

$= \frac{\pi}{3}$

এখন, I_1 প্রবাহের দশা $= \omega t$

I_2 প্রবাহের দশা $= \omega t + \frac{\pi}{3}$

$\therefore$ দশা পার্থক্য $= \left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right) - \omega t$

$= \frac{\pi}{3}$

অর্থাৎ প্রবাহদ্বয়ের আদি দশার সমষ্টি তাদের দশা পার্থক্যের সমান।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ সন্নিহিত দুটি কুণ্ডলী A ও B এর পাকসংখ্যা যথাক্রমে 400 ও 600। কুণ্ডলী A এর মধ্য দিয়ে 2 amp তড়িৎ প্রবাহে A কুণ্ডলীর প্রতিপাকে 2.4×10^{-3} Wb এবং B কুণ্ডলীতে প্রতি পাকে 1.6×10^{-3} Wb চৌম্বক ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়।

[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]

ক. 1 হেনরি কাকে বলে? ১

খ. DC অপেক্ষা AC বিপজ্জনক কেন —ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A এর স্বকীয় আবেশ গুণাংক কত? ৩

ঘ. A কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা 0.4 sec সময়ে শূন্যে নেমে গেলে B কুণ্ডলীতে অবশিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির মান এবং আবিষ্ট প্রবাহমাত্রার মান নির্ণয় করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুণ্ডলীতে $1\ As^{-1}$ হারে তড়িৎপ্রবাহমাত্রার পরিবর্তন করলে যদি 1V তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়, তাহলে ঐ কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ককে এক হেনরী বলে।

খ একই মানের DC ভোল্টেজ অপেক্ষা AC ভোল্টেজ বেশি বিপজ্জনক। যেমন, 220V ডিসি ভোল্টেজের শক মানে হলো, শক খাওয়ার সময়কালে সর্বদা 220V মানের ভোল্টেজের শক খাওয়া। এতে দেহে ক্ষয়ক্ষতির আশংকা রয়েছে। তবে একই সময়কাল ধরে 220V এসি ভোল্টেজের শক খেলে দেহে ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ বেশি হবে। কারণ 220V এসি মানে নির্দিষ্ট ক্ষুদ্র সময় অন্তর অন্তর সর্বোচ্চ $220V \times \sqrt{2} = 311V$ মানের ভোল্টেজ। এসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে R.M.S বা কার্যকর মান 220V হলে শীর্ষমান হবে 311V.

গ

স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক, L_A হলে,

$N_A\varphi_A = L_A I_A$

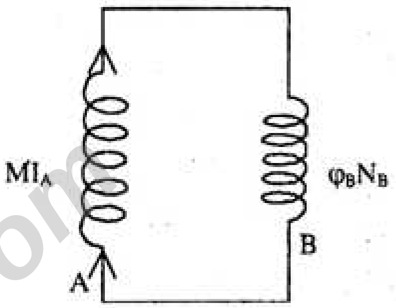
বা, $L_A = \frac{N_A\varphi_A}{I_A}$

$= \frac{400 \times 2.4 \times 10^{-3}}{2}$

$= 0.48H$

এখানে,
A কুণ্ডলীর ক্ষেত্রে,
পাকসংখ্যা, $N_A = 400$
প্রবাহ, $I_A = 2A$
তড়িৎ ফ্লাক্স, $\varphi_A = 2.4 \times 10^{-3}Wb$

ঘ



পারস্পারিক আবেশ গুণাঙ্ক M হলে,

$\varphi_B N_B = MI_A$

বা, $M = \frac{\varphi_B N_B}{I_A}$

$= \frac{1.6 \times 10^{-3} \times 600}{2}$

$= 0.48\ H$

এখানে,
A কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $N_A = 400$
A কুণ্ডলীর প্রতিপাকে ফ্লাক্স, $\varphi_A = 2.4 \times 10^{-3}Wb$
B কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $N_B = 600$
B কুণ্ডলীর প্রতিপাকে ফ্লাক্স, $\varphi_B = 1.6 \times 10^{-3}Wb$

গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি, E_B হলে,

$E_B = -M.\frac{dI_A}{dt}$

$= -0.48 \times \frac{-2}{0.4}$

$= 2.4V$

এখানে,
$dI_A = (0 - 2) = -2A$
$dt = 0.4s$

আবার,

$\frac{I_B}{I_A} = \frac{N_A}{N_B}$

বা, $I_B = \frac{400}{600} \times 2$

$= 1.33\ A$

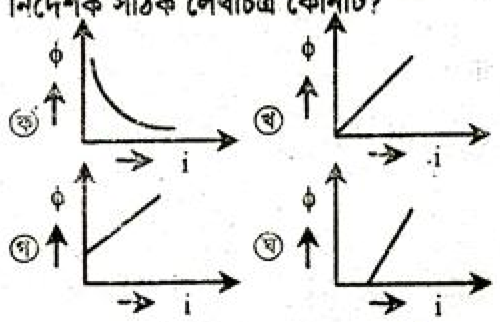
মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহ
$I_A = 2A$

পঞ্চম অধ্যায় : তাড়িতচৌম্বক আবেশ ও পরিবর্তী প্রবাহ

১৫৪. তড়িৎ চৌম্বকীয় আবেশ আবিষ্কার করেন কোন বিজ্ঞানী? (জ্ঞান)
ক) ওয়েরস্টেড খ) জুল
গ) অ্যাস্টিন কুলম্ব ঘ) মাইকেল ফ্যারাডে **ঘ**

১৫৫. কোনটির দরুণ তড়িচ্ছালক শক্তি আবিষ্ট হয়? (জ্ঞান)
ক) স্থির চৌম্বক ক্ষেত্র খ) পরিবর্তী চৌম্বক ক্ষেত্র
গ) আপেক্ষিক গতি ঘ) পরিবর্তী যান্ত্রিক বল **খ**

১৫৬. একটি কুণ্ডলীতে তড়িত প্রবাহের ফলে সৃষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্স ও তড়িৎ প্রবাহের সম্পর্ক নির্দেশক সঠিক লেখচিত্র কোনটি?



খ

১৫৭. চৌম্বক ফ্লাক্সের এস.আই. একক কোনটি? (জ্ঞান)
ক) টেসলা-মিটার^2 খ) টেসলা-মিটার
গ) টেসলা/মিটার ঘ) টেসলা/মিটার^2 **ক**

১৫৮. এক পাকের একটি কুণ্ডলীর সাথে সংশ্লিষ্ট যে পরিমাণ চৌম্বক ফ্লাক্স 1 সেকেন্ডে সুষমভাবে হ্রাস পেয়ে শূন্যে নেমে আসলে ঐ কুণ্ডলীতে 1 ভোল্ট তড়িচ্ছালিত শক্তি আবিষ্ট হয়, সেই পরিমাণ চৌম্বক ফ্লাক্সকে কী বলে? (জ্ঞান)
ক) 1 টেসলা খ) 1 হেনরি
গ) 1 ওয়েবার ঘ) 1 ম্যাক্সওয়েল **গ**

১৫৯. কোনো বৃত্তাকার কুণ্ডলীর ব্যাসার্ধ 6.28×10^{-4}m এবং পাকসংখ্যা 240। কুণ্ডলীর মধ্যদিয়ে 5A তড়িৎ প্রবাহ চলছে। কুণ্ডলীর কেন্দ্রে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান কত হবে? (প্রয়োগ)
ক) 0.005T খ) 0.382T
গ) 1.2T ঘ) 2.4T **গ**

১৬০. একটি কুণ্ডলীতে প্রবাহমাত্রা 0.05 sec সময়ে 0 থেকে 2.5A করা হলে এতে 100V তড়িচ্ছালক বল আবিষ্ট হয়। কুণ্ডলীয় স্বাবেশাংক কত?
[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]
ক) 0.25H খ) 0.5H
গ) 2H ঘ) 2.5H **গ**

১৬১. কে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের গাণিতিক রূপ দেন? [সরকারি হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল] (জ্ঞান)
ক) জুল খ) কুলম্ব
গ) নিউম্যান ঘ) লেঞ্জ **গ**

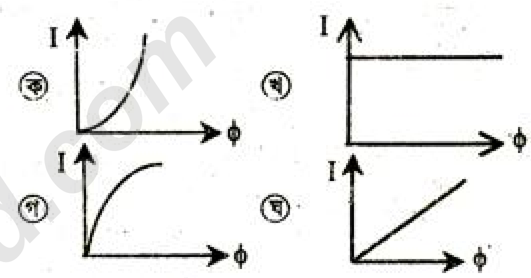
১৬২. 10 পাকের একটি কুণ্ডলীতে চৌম্বক ফ্লাক্সের মান 2s-এ 5 Wb কমে গেলে, প্রতি পাকে আবিষ্ট তড়িচ্ছালক শক্তি কত? (প্রয়োগ)
ক) 1.5V খ) 2.0V
গ) 0.25V ঘ) 3.0V **গ**

১৬৩. চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হার একই রেখে কুণ্ডলীতে পাক সংখ্যা দ্বিগুণ করলে মোট কত তড়িচ্ছালক শক্তি আবিষ্ট হবে? (প্রয়োগ)
ক) 40V খ) 50V
গ) 60V ঘ) 70V **খ**

১৬৪. তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ক্ষেত্রে কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ কোন দিকে তা কোন সূত্র হতে জানা যায়? (জ্ঞান)
ক) ও'মের সূত্রে খ) ফ্যারাডের সূত্র
গ) লেঞ্জের সূত্র ঘ) ওয়েরস্টেডের সূত্র **গ**

১৬৫. কোনো কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ চলছে। যে পাশ থেকে তাকালে প্রবাহ ঘড়ি বিসমাবর্তী মনে হয় সে পাশে কোন মেরুর অস্তিত্ব রয়েছে? (জ্ঞান)
ক) উত্তর মেরু খ) স্থায়ী মেরু
গ) দক্ষিণ মেরু ঘ) উপমেরু **ক**

১৬৬. নিচের কোন লেখটি স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক নির্দেশ করে?



ঘ

১৬৭. 1H = ? (প্রয়োগ)
ক) $1\ VAs^{-1}$ খ) 1H
গ) $1\ VsA^{-1}$ ঘ) 1 VsA **গ**

১৬৮. একটি আবেশকের স্বকীয় আবেশ 10 Henry। এতে 9×10^{-2} sec-এ তড়িৎপ্রবাহ 10 amp থেকে 7 amp-এ পরিবর্তিত হলে এর আবিষ্ট তড়িচ্ছালক বল কত? (প্রয়োগ)
ক) 111 Volt খ) 222 Volt
গ) 333 Volt ঘ) 444 Volt **গ**

১৬৯. 15 cm ব্যাসার্ধ এবং 50 পাকের একটি কুণ্ডলীর মধ্যে দিয়ে 1.5A মাত্রার প্রবাহ অতিক্রম করলে ঐ কুণ্ডলীর সাথে সংযুক্ত চৌম্বক ফ্লাক্সের মান কত? (প্রয়োগ)
ক) 1.11 mWb খ) 2.22 mWb
গ) 3.33 mWb ঘ) 4.44 mWb **ক**

১৭০. 0.02 m ব্যাসার্ধের এবং 10 পাকের একটি গোলাকার কুণ্ডলীর বায়ু মাধ্যমে স্বাবেশ গুণাঙ্কের মান কত? (প্রয়োগ)
ক) 1.67 μH খ) 1.77 μH
গ) 1.87 μH ঘ) 1.97 μH **ঘ**

১৭১. পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্কের একক কোনটি? [ক্যান্ট. পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর] (জ্ঞান)
ক) ওয়েবার খ) ওয়েরস্টেড
গ) হেনরি ঘ) অ্যাম্পিয়ার **গ**

১৭২. প্রত্যাবর্তী তড়িচ্ছালক বলের গড় মান শীর্ষমানের কত গুণ হয়? (প্রয়োগ)
ক) 0.33 খ) 0.437
গ) 0.537 ঘ) 0.637 **ঘ**

১৭৩. 220V সরবরাহ লাইনের শীর্ষ মান কত? (জ্ঞান)
ক 311V খ 220V
গ 140V ঘ 110V ক

১৭৪. চৌম্বক ক্ষেত্র A তলের লম্বের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে ঐ তলের —— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. লম্ব বরাবর চৌম্বক ক্ষেত্রের উপাংশ হবে B cosθ
ii. মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত চৌম্বক ফ্লাক্স AB cosθ
iii. মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট চৌম্বক আবেশ রেখা $\vec{A} . \vec{B}$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ঘ

১৭৫. লেঞ্জের সূত্র—— (অনুধাবন)
i. ফ্যারাডের সূত্রের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ
ii. অনুসারে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের বেলায় তড়িৎপ্রবাহের দিক নির্ধারিত হয়
iii. চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের ফলে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পোলারিটি নির্ধারণ করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ঘ

১৭৬. দিক পরিবর্তী প্রবাহের ক্ষেত্রে কোনো কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের সমীকরণ $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin\omega t$ অর্থাৎ—— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল আবর্তনকালের অর্ধেক সময় পরপর চিহ্ন পরিবর্তন করবে
ii. কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল সাইনানুগভাবে পরিবর্তিত হবে
iii. $\frac{\pi}{2\omega}, \frac{5\pi}{2\omega}$ অবস্থানে কুণ্ডলীতল চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

১৭৭. 220V – 50Hz সরবরাহ লাইনের ক্ষেত্রে—— (প্রয়োগ)
i. ন্যূনতম 0.02s সময়ের ব্যবধানে প্রবাহের অভিমুখ উল্টে যাবে
ii. 0.01s পরপর প্রবাহের মান শূন্য হবে
iii. 0.02s পরপর প্রবাহ একই অভিমুখে শীর্ষমানে উঠবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii গ

১৭৮. $I = I_0 \sin\omega t$ এবং $I = I_0 \cos\omega t$ সমীকরণদ্বয় দ্বারা নির্দেশিত প্রবাহদ্বয়ের মধ্যে—— (প্রয়োগ)
i. আদি দশার পার্থক্য $\frac{\pi}{2}$
ii. $t = \frac{1}{2}s$ মুহূর্তে দশার পার্থক্য $\frac{\pi}{3}$
iii. বিস্তারের পার্থক্য নেই
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii খ

১৭৯. অর্ধচক্রের জন্য গড় তড়িচ্চালক শক্তির তড়িচ্চালক শক্তির শীর্ষমানের— *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]* (অনুধাবন)
i. 0.637 গুণ ii. 63.7%
iii. 63.7 গুণ
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

যেকোনো t sec সময়ে কোনো দিক পরিবর্তী তড়িৎ প্রবাহের সমীকরণ $I = 10 \sin 500\pi t$ amp.
উপরের উদ্দীপক হতে ১৮০ ও ১৮১ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

১৮০. প্রবাহের গড় বর্গের বর্গমূল মান—— *[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]* (প্রয়োগ)
ক 6.37 amp খ 7.07 amp
গ 63.7 amp ঘ 70.7 amp খ

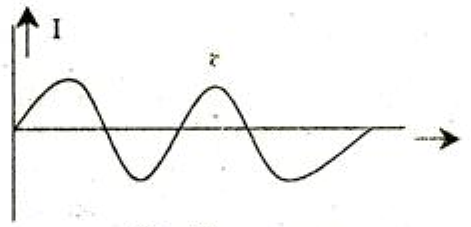
১৮১. প্রবাহের মান শূন্য হতে শীর্ষ মানে পৌছাতে কত সময় লাগবে? *[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]* (প্রয়োগ)
ক 0.001 sec খ 0.002 sec
গ 0.01sec ঘ 0.02 sec ক

উদ্দীপকটি পড়ে ও ১৮২ ও ১৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
অর্ধচক্রে কোনো একটি প্রত্যাবর্তী তড়িৎপ্রবাহের গড় মান 10A.

১৮২. প্রবাহের শীর্ষমান কত? (প্রয়োগ)
ক 13.7A খ 14.7A
গ 15.7A ঘ 16.7A গ

১৮৩. পূর্ণচক্র প্রবাহটির গড় মান কত? (প্রয়োগ)
ক 0A খ 10A
গ 20A ঘ 30A ক

চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং ১৮৪-১৮৬ নং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



I = 30sin628t, সব কয়টি রাশি S.I. এককে প্রকাশিত।

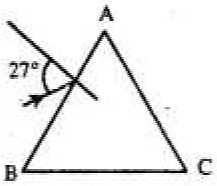
১৮৪. চিত্রের প্রবাহটি হচ্ছে— *[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]* (উচ্চতর দক্ষতা)
ক DC প্রবাহ খ AC প্রবাহ
গ সম প্রবাহ
ঘ দিকে অপরিবর্তিত প্রবাহ খ

১৮৫. প্রবাহটির বিস্তার— *[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]* (প্রয়োগ)
ক 628 A খ 60A
গ 30A ঘ 20A গ

১৮৬. চিত্রানুসারে কার্যকর প্রবাহমাত্রা হচ্ছে— *[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]* (অনুধাবন)
ক 30A খ 21.21 A
গ 18.21A ঘ 15.21 A খ

অধ্যায়-৬: জ্যামিতিক আলোকবিজ্ঞান

প্রশ্ন ▶ ১



চিত্রে ABC একটি কাঁচ প্রিজমের প্রধান ছেদ। এখানে AB = BC = CA. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক 1.5. AB প্রতিসারক পৃষ্ঠে আলোক রশ্মির আপতন কোণ 27°. *[ঢা. বো. ২০১৭]*

ক. আলোর সমাবর্তন কী? ১

খ. প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রে প্রতিবিম্ব বেশি উজ্জ্বল হয় কেন? ২

গ. প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে রশ্মিটি AC পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হবে কিনা যথাযথ গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলো কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমনের পর আলোক তরঙ্গের কম্পন একটি নির্দিষ্ট দিকে বা একটি নির্দিষ্ট তলে সীমাবদ্ধ থাকার ঘটনাই হলো আলোর সমাবর্তন।

খ লক্ষ্যবস্তু থেকে বেশি আলো পাওয়ার জন্য দূরবীক্ষণ যন্ত্রে অভিলক্ষ্যের উন্মেষ বড় হওয়া প্রয়োজন। প্রতিসারক দূরবীক্ষণের অভিলক্ষ্যে ব্যবহৃত বড় উন্মেষের লেন্স অপেক্ষাকৃত বেশি আলো শোষণ করে বলে প্রতিবিম্বের উজ্জ্বলতা কম হয়। কিন্তু প্রতিফলক দূরবীক্ষণের অভিলক্ষ্যে ব্যবহৃত বড় উন্মেষের অবতল দর্পন কম আলো শোষণ করে বলে প্রতিবিম্ব বেশি উজ্জ্বল হয়।

গ দেওয়া আছে,

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

উদ্দীপক অনুসারে, প্রিজম কোণ, $A = 60°$

বের করতে হবে, প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin\frac{\delta_m + A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

বা, $\sin\frac{\delta_m + A}{2} = \mu \sin\frac{A}{2}$

বা, $\delta_m + A = 2\sin^{-1}\left(\mu \sin\frac{A}{2}\right)$

বা, $\delta_m = 2\sin^{-1}\left(\mu \sin\frac{A}{2}\right) - A$

বা, $\delta_m = 2\sin^{-1}(1.5 \times \sin 30°) - 60°$

$\therefore \delta_m = 37.2°$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

AB পৃষ্ঠে আপতন কোণ, $i_1 = 27°$

প্রিজম কোণ, $A = 60°$

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$$

বা, $r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i_1}{\mu}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 27°}{1.5}\right)$

$\therefore r_1 = 17.62°$

আবার, $A = r_1 + r_2$

$\therefore r_2 = A - r_1 = 60° - 17.62° = 42.38°$

আবার, AC পৃষ্ঠে ক্রান্তি কোণ θ_C হলে,

$$\mu = \frac{\sin 90°}{\sin\theta_C}$$

বা, $\theta_C = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\mu}\right)$

$\therefore \theta_C = 41.81°$

সুতরাং, AC পৃষ্ঠের আপতন কোণ, $r_2 >$ ক্রান্তি কোণ, θ_C অর্থাৎ, আলোক রশ্মিটি AC পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হবে না। বরং পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটবে।

প্রশ্ন ▶ ২ ঢাকা মেডিকেল কলেজ হাসপাতালে ব্যবহৃত জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 0.02 m ও 0.05 m। একটি স্লাইড অভিলক্ষ্যের সামনে 0.24 m দূরে রাখায় অভিলক্ষ্যের সামনে 0.12 m দূরে চূড়ান্ত বিম্ব গঠিত হল। (সংশোধিত) *[ঢা. বো. ২০১৬]*

ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১

খ. কাচে আলোক বৎসর 6.27×10^{12} km বলতে কি বুঝ? ২

গ. উদ্দীপকের যন্ত্রটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে লেন্স দুটির অবস্থান বিনিময় করলে যন্ত্রের কোনোরূপ পরিবর্তন হবে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ কাচে আলোক বৎসর 6.27×10^{12} km বলতে বুঝায় কাচ মাধ্যমে আলো এক বছরে 6.27×10^{12} km দূরত্ব অতিক্রম করবে।

গ এখানে অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 0.02$ m $= 2$ cm

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 0.05$ m $= 5$ cm

অভিলক্ষ্যের জন্য বস্তুর দূরত্ব, $u_0 = 0.24$m $= 24$ cm

মনে করি, যন্ত্রটির নলের দৈর্ঘ্য L cm এবং অভিলক্ষ্যের জন্যে বিম্বের দূরত্ব v_0 cm

অভিনেত্রের জন্য বস্তুর দূরত্ব, $u_e = (L - v_0)$ cm এবং অভিনেত্রের জন্য বিম্বের দূরত্ব, $v_e = -(L + 12)_{cm}$

এখন, $\frac{1}{u_0} + \frac{1}{v_0} = \frac{1}{f_0}$

বা, $\frac{1}{24} + \frac{1}{v_0} = \frac{1}{2}$

$\therefore v_0 = 2.1818$ cm

আবার, $\frac{1}{u_e} + \frac{1}{v_e} = \frac{1}{f_e}$

বা, $\frac{1}{(L - 2.1818)} - \frac{1}{(L + 12)} = \frac{1}{5}$

বা, $\frac{L + 12 - L + 2.1818}{L^2 + 12L - 2.1818L - 26.1816} = \frac{1}{5}$

বা, $L^2 + 10.1818L - 26.1816 = 70.91$

বা, $L^2 + 10.1818L - 97.0816 = 0$

বা, $L = \frac{-10.1818 + \sqrt{(10.1818)^2 + 4 \times 97.0816}}{2}$

বা, $L = 5.999$ cm

$\therefore L \sim 6$ cm

সুতরাং উক্ত যন্ত্রের দৈর্ঘ্য 6 cm **(Ans)**

ঘ 'গ' তে ব্যবহৃত উপাত্তসমূহ ও প্রাপ্ত ফলাফল থেকে পাই,

যন্ত্রের বিবর্ধন, $m = \dfrac{1 + \dfrac{D}{f_e}}{\dfrac{u_o}{f_e} - 1}$

$= \dfrac{1 + \dfrac{25}{5}}{\dfrac{24}{2} - 1}$

$\therefore m = 0.4545$

অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের স্থান বিনিময় করলে বিবর্ধন,

$m' = \dfrac{1 + \dfrac{D}{f_o}}{\dfrac{u_o}{f_e}}$

$= \dfrac{1 + \dfrac{25}{2}}{\dfrac{24}{5} - 1}$

$= 3.55 > m$

যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L' = \dfrac{u_o fe}{u_o - f_e} + \dfrac{Df_o}{D + f_o}$

$= \dfrac{24 \times 5}{24 - 5} + \dfrac{25 \times 2}{25 + 2}$

$= 8.167 \text{ cm} > L$

অতএব, স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে লেন্সদ্বয়ের স্থান পরিবর্তন করলে বিবর্ধন বৃদ্ধি পাবে এবং এই ক্ষেত্রে যন্ত্রের দৈর্ঘ্যও বাড়াতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩ জেমিমা বায়ুতে একটি কাঁচের উত্তল লেন্স নিয়ে কাজ করছিল যার তলদ্বয়ের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15 cm এবং 30 cm। $_a\mu_g = \dfrac{3}{2}$ এবং $_a\mu_w = \dfrac{4}{3}$. [চ. বো ২০১৫]

ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১

খ. অবতল লেন্সে বাস্তব প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় কি না — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. লেন্সটিকে পানিতে নিমজ্জিত করলে এর ক্ষমতার কোনো পরিবর্তন হবে কি না — বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গের ওপরস্থ সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর সাধারণ সঞ্চারপথকে তরঙ্গ মুখ বলে।

খ অবতল লেন্স অপসারী ক্ষমতাসম্পন্ন। তাই যেকোনো প্রকার আলোকরশ্মিগুচ্ছ এর ওপর পতিত হোক না কেন, অবতল লেন্সে প্রতিসরণের পর এরা সর্বদাই অপসারীগুচ্ছে পরিণত হয়। কিন্তু বাস্তব প্রতিবিম্ব গঠনের জন্য অভিসারী রশ্মিগুচ্ছের প্রয়োজন হয়। এ কারণেই অবতল লেন্সে বাস্তব প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় না।

গ এখানে,

উভোত্তল লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = +15$ cm

দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -30$ cm

বায়ুর সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক, $_a\mu_g = \dfrac{3}{2}$

বায়ুতে ফোকাস দূরত্ব, $f_a = ?$

আমরা জানি,

$\dfrac{1}{f_a} = (_a\mu_g - 1)\left(\dfrac{1}{r_1} - \dfrac{1}{r_2}\right)$

$= \left(\dfrac{3}{2} - 1\right)\left(\dfrac{1}{+15} - \dfrac{1}{-30}\right)$

$\therefore f_a = 20\text{cm}$

ঘ পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব f' হলে,

$\dfrac{1}{f'} = (_w\mu_g - 1)\left(\dfrac{1}{r_1} - \dfrac{1}{r_2}\right) = \left(\dfrac{_a\mu_g}{_a\mu_w} - 1\right)\left(\dfrac{1}{r_1} - \dfrac{1}{r_2}\right)$

$= \left(\dfrac{3/2}{4/3} - 1\right)\left(\dfrac{1}{15 \text{ cm}} - \dfrac{1}{-30 \text{ cm}}\right) = 0.0125 \text{ cm}^{-1}$

$\therefore f' = (0.0125 \text{ cm}^{-1})^{-1} = 80 \text{ cm} = 0.80\text{m}$

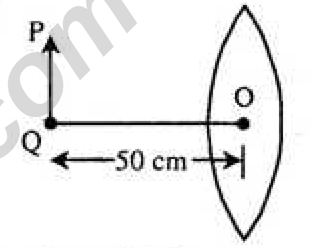
$\therefore$ পানিতে লেন্সের ক্ষমতা, $P' = \dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{0.80 \text{ m}} = +1.25\text{D}$

বায়ুতে লেন্সের ক্ষমতা, $P = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{0.2\text{m}} = +5\text{D}$

যেহেতু $+5\text{D} > +1.25\text{D}$

সুতরাং লেন্সটিকে পানিতে নিমজ্জিত করলে এর ক্ষমতার পরিবর্তন হবে (হ্রাস পাবে)।

প্রশ্ন ▶ ৪



$\mu_g = 1.5$
$\mu_w = 1.3$
$r_1 = 20$ cm
$r_2 = 30$ cm

চিত্রে লক্ষবস্তুর অবস্থান দেখানো হচ্ছে। [রা. বো. ২০১৭]

ক. আলোক কেন্দ্র কী? ১

খ. –2.5 D বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কত? ৩

ঘ. লেন্সটিকে পর্যায়ক্রমে বায়ু ও পানিতে স্থাপন করলে উৎপন্ন বিম্বের প্রকৃতি কেমন হবে, গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লেন্সের প্রধান অক্ষের উপরস্থ যে বিন্দুর মধ্য দিয়ে আলোকরশ্মি গেলে প্রতিসরণের ফলে এর দিকের কোনো পরিবর্তন হয়না সেই বিন্দুকে লেন্সের আলোক কেন্দ্র বলে।

খ – 2.5D বলতে বোঝায় লেন্সটি অবতল এবং এটি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল এক গুচ্ছ আলোক রশ্মিকে এমনভাবে অপসারী করে যেন মনে হয় এগুলো লেন্স থেকে $\dfrac{1}{2.5}$ বা 0.4m দূরের কোনো বিন্দু হতে অপসৃত হচ্ছে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu_g = 1.5$

লেন্সের ১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 20$ cm

লেন্সের ২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -30$ cm

লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = ?$

আমরা জানি,

$\dfrac{1}{f} = (\mu_g - 1)\left(\dfrac{1}{r_1} - \dfrac{1}{r_2}\right)$

$= (1.5 - 1)\left(\dfrac{1}{20} + \dfrac{1}{30}\right) = \dfrac{0.5}{12}$

$\therefore f = \dfrac{12}{0.5} = 24$ cm **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই, বস্তুর দূরত্ব, u = 50 cm
লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu_g = 1.5$
পানির প্রতিসরাংক, $\mu_w = 1.3$
লেন্সের ১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 20$ cm
লেন্সের ২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -30$ cm
'গ' অংশ হতে পাই,
বায়ুতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 24$ cm
পানিতে ফোকাস দূরত্ব f_w হলে,

$$\frac{1}{f_w} = \left(\frac{\mu_g}{\mu_w} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$
$$= \left(\frac{1.5}{1.3} - 1\right)\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{30}\right)$$
$$= \frac{1}{78}$$
$$\therefore f_w = 78 \text{ cm}$$

ধরি, বায়ুতে বিম্বের দূরত্ব = v_a এবং
পানিতে বিম্বের দূরত্ব = v_w
আমরা জানি,

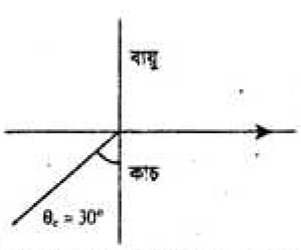
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v_a} = \frac{1}{f_a}$$
$$\text{বা, } \frac{1}{v_a} = \frac{1}{f_a} - \frac{1}{u}$$
$$\text{বা, } \frac{1}{v_a} = \frac{1}{24} - \frac{1}{50}$$
$$\text{বা, } \frac{1}{v_a} = \frac{13}{600}$$
$$\text{বা, } v_a = \frac{600}{13}$$
$$\therefore v_a = 46.15 \text{ cm}$$

আবার,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v_w} = \frac{1}{f_w}$$
$$\text{বা, } \frac{1}{v_w} = \frac{1}{f_w} - \frac{1}{u}$$
$$= \frac{1}{78} - \frac{1}{50}$$
$$= -\frac{7}{975}$$
$$\therefore v_w = -\frac{975}{7} = -139.28 \text{ cm}$$

বায়ুতে বিম্বের দূরত্ব ধনাত্মক হওয়ায় বিম্বের প্রকৃতি হবে বাস্তব এবং পানিতে বিম্বের দূরত্ব ঋণাত্মক হওয়ায় বিম্বের প্রকৃতি হবে অবাস্তব।

প্রশ্ন ▶ ৫



চিত্রে বায়ুতে একটি কাচখন্ডের সংকট কোণ 30°. [রা. বো. ২০১৬]

ক. লেন্সের সূত্র বিবৃত কর। ১
খ. কোনো তার কুন্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাংক 10H বলতে কী বোঝায়? ২
গ. বায়ুতে আলোর বেগ $3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ হলে কাচে আলোর বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে বায়ুর পরিবর্তে $\sqrt{2}$ প্রতিসরাংকের তরলে কাচ খণ্ডটি নিমজ্জিত করলে কোণের কোনো পরিবর্তন হবে কিনা তা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো তড়িৎ চৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা প্রবাহের দিক এমন হয় যে, তা সৃষ্টি হওয়া মাত্রই যে কারণে সৃষ্টি হয় সেই কারণকেই বাঁধা দেয়।

খ কোনো তার কুন্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক 10H বলতে বোঝায় যদি কুন্ডলীটিতে তড়িৎপ্রবাহ প্রতি সেকেন্ডে এক অ্যাম্পিয়ার হারে পরিবর্তিত হয় তবে উক্ত কুন্ডলীতে 10V তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হবে।

গ এখানে,
বায়ু ও কাঁচ মাধ্যমের সংকট কোণ, $\theta_C = 30°$
বায়ুতে আলোর বেগ, $C_a = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
কাঁচে আলোর বেগ, $C_g = ?$
আমরা জানি,

$${}_a\mu_g = \frac{1}{\sin \theta_C} = \frac{1}{\sin 30°} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$$

আবার,

$${}_a\mu_g = \frac{C_a}{C_g}$$
$$\text{বা, } 2 = \frac{3 \times 10^8}{C_g}$$
$$\text{বা, } C_g = \frac{3 \times 10^8}{2}$$
$$\therefore C_g = 1.5 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে,
তরল মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_l = \sqrt{2}$
'গ' হতে প্রাপ্ত কাঁচ মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক $\mu_g = 2$
ধরি, তরল মাধ্যম ও কাঁচ মাধ্যমের মধ্যকার সংকট কোণ = θ'_c

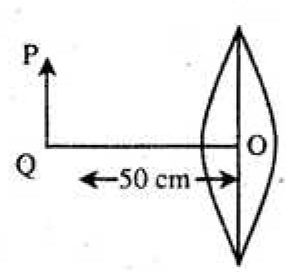
আমরা জানি, ${}_l\mu_g = \frac{\mu_g}{\mu_l} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$

আবার,

$${}_l\mu_g = \frac{1}{\sin \theta'_c}$$
$$\text{বা, } \sin \theta'_c = \frac{1}{{}_l\mu_g}$$
$$\text{বা, } \sin \theta'_c = \frac{1}{\sqrt{2}}$$
$$\text{বা, } \sin \theta'_c = \sin 45°$$
$$\therefore \theta'_c = 45°$$

অর্থাৎ উদ্দীপকে বায়ুর পরিবর্তে $\sqrt{2}$ প্রতিসরাঙ্কের তরলে কাঁচ খণ্ডটি নিমজ্জিত করলে সংকট কোণের মান 30° হতে পরিবর্তিত হয়ে 45° হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬



$\mu_g = 1.5$
$\mu_a = 1.33$
$r_1 = 30$ cm
$r_2 = 60$ cm

চিত্রে লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান দেখানো হল। [দি. বো. ২০১৭]

ক. ফোকাস দূরত্ব কী? ১
খ. লেন্সের ক্ষমতা –3.5 D বলতে কী বোঝায়? ২
গ. উদ্দীপক থেকে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. লেন্সটিকে পর্যায়ক্রমে বায়ু ও পানিতে স্থাপন করলে বিম্বের প্রকৃতি কেমন হবে– গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক লেন্সের ক্ষেত্রে আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বলে।

খ লেন্সের ক্ষমতা –3.5D বলতে বোঝায় লেন্সটি একটি অবতল লেন্স বা অপসারী লেন্স যার ফোকাস দূরত্ব –0.286m।

গ ৪(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 40cm।

ঘ ৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: বায়ুতে বাস্তব ও পানিতে অবাস্তব বিম্ব হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭ বায়ুতে অবস্থিত একটি $\frac{3}{2}$ প্রতিসরাংকের কাচের তৈরি উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6 cm এবং 12 cm। /দি. বো. ২০১৬/

ক. আলোকের বিচ্ছুরণ কী? ১

খ. কাচের সমবর্তন কোণ 57° বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে লেন্সটিকে যদি পানিতে ডুবানো হয় তবে এর ফোকাস দূরত্বের কীরূপ পরিবর্তন হবে গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কর। [${}_a\mu_w = \frac{4}{3}$] ৪

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক সাদা আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণের আলোতে বিভক্ত হওয়াকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে।

খ কাচের সমবর্তন কোণ 57° বলতে বুঝায়, আলোক রশ্মি কাচে 57° কোণে আপতিত হলে প্রতিফলিত রশ্মি সমবর্তীত হবে।

গ এখানে, উত্তল লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 6$ cm
দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -12$ cm
লেন্সের প্রতিসরাংক, $\mu = \frac{3}{2}$
লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$= \left(\frac{3}{2} - 1\right)\left(\frac{1}{6\text{ cm}} - \frac{1}{-12\text{ cm}}\right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{-12}\right)\text{ cm}^{-1}$$

$$= \frac{1}{8}\text{ cm}^{-1}$$

$$\therefore f = 8\text{ cm}$$

অতএব, উদ্দীপকের লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব 8 cm। **(Ans.)**

ঘ এখানে, বায়ুতে লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক, ${}_a\mu_g = \frac{3}{2}$
এবং ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 8$ cm ['গ' নং হতে]
পানির প্রতিসরাংক, ${}_a\mu_w = \frac{4}{3}$

ধরি, পানিতে ফোকাস দূরত্ব $= f_w$
লেন্সের দুই পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ r_1 ও r_2 হলে

আমরা জানি, $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

বাতাসের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{f_a} = ({}_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ ... (i)

পানির ক্ষেত্রে, $\frac{1}{f_w} = ({}_w\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ ... (ii)

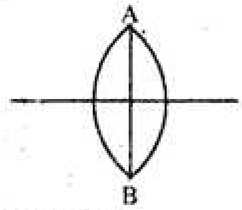
(i) ÷ (ii) নং হতে পাই,

$$\frac{f_w}{f_a} = \frac{{}_a\mu_g - 1}{{}_w\mu_g - 1} = \frac{{}_a\mu_g - 1}{\frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w} - 1} = \frac{\frac{3}{2} - 1}{\frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} - 1} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{8}} = 4$$

$$\therefore f_w = 4 f_a = (4 \times 8)\text{ cm} = 32\text{ cm}$$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, উদ্দীপকের লেন্সটিকে যদি পানিতে ডুবানো হয় তবে এর ফোকাস দূরত্ব পূর্বের ফোকাস দূরত্বের 4 গুণ হবে এবং ফোকাস দূরত্বের মান হবে 32 cm।

প্রশ্ন ▶ ৮ নিচের চিত্রে AB একটি কাঁচের তৈরি উভোত্তল লেন্স। বায়ুতে এর ফোকাস দূরত্ব 20cm। /দি. বো. ২০১৫/



ক. ফার্মাটের নীতি বিবৃত কর। ১

খ. চৌম্বকক্ষেত্রে গতিশীল চার্জ বল অনুভব করে কেন? ২

গ. লেন্সটিকে সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র হিসেবে ব্যবহার করলে এর বিবর্ধন ক্ষমতা কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের লেন্সটিকে যদি পানি মাধ্যমে রাখা হয় তবে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব বেড়ে যায়। ফোকাস দূরত্ব বেড়ে যাওয়ার বিষয়টি গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ গতিশীল চার্জ নিজস্ব চৌম্বকক্ষেত্র উৎপন্ন করে। চৌম্বকক্ষেত্রে চার্জ গতিশীল হলে দুটি চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে মিথস্ক্রিয়া ঘটে। এতে সামগ্রিক চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাসমূহ বিভিন্ন প্যাটার্নে সজ্জিত হতে প্রয়াস পায়। বলরেখাসমূহের মধ্যে বিকর্ষণের দরুণ এ সময় গতিশীল চার্জের ওপর চৌম্বক বল ক্রিয়া করে

গ দেওয়া আছে,
উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = 20$ cm
স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব, $D = 25$ cm
বের করতে হবে বিবর্ধক কাচের বিবর্ধন ক্ষমতা, $m = ?$

আমরা জানি এক্ষেত্রে, $m = 1 + \frac{D}{f} = 1 + \frac{25\text{ cm}}{20\text{ cm}} = 2.25$ (Ans.)

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ

প্রশ্ন ▶ ৯ একটি সুইমিং পুল বেগুনি আলো দ্বারা আলোকিত। বেগুনি আলোর জন্য কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 এবং লাল আলোর জন্য প্রতিসরাঙ্ক 1.48। একজন লোক 20cm বক্রতার ব্যাসার্ধবিশিষ্ট উভোত্তল লেন্সের চশমা পড়ে পানিতে ডুব দিলেন। তিনি 5cm দূরে অবস্থিত একটি বস্তুর বিম্ব পর্যবেক্ষণ করলেন। বেগুনি আলো নিভিয়ে লাল আলো জ্বালাতেই বিম্বের দূরত্বের পরিবর্তন হলো। বেগুনি আলোর জন্য পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.34 এবং লাল আলোর জন্য পানির প্রতিসরাঙ্ক 1.33। [সংশোধিত] /কু. বো. ২০১৭/

ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১

খ. দূরে অবস্থিত গাছপালা ছোট দেখায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বেগুনি আলোতে আলোকিত পানি মাধ্যমে লেন্সের ক্ষমতা কত? ৩

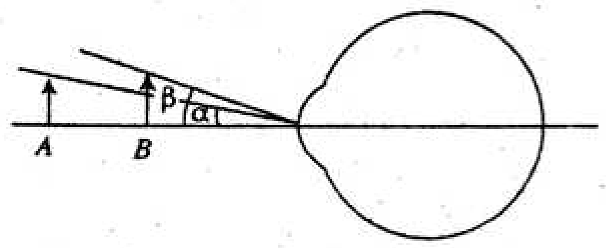
ঘ. বর্ণ পরিবর্তনের সাথে প্রতিবিম্বের অবস্থানের পরিবর্তন হয়— গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের উপরোস্থ যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশা সম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গমুখ বলে।

খ কোনো বস্তুকে আমরা বড় না ছোট দেখবো তা নির্ভর করে বস্তুটি দ্বারা চোখে উৎপন্ন বীক্ষণ কোণের উপর। বীক্ষণ কোন যত বড় হয় আমাদের কাছে বস্তুর আকৃতিও তত বড় মনে হয়। আর বীক্ষণ কোণ ছোট হলে বস্তুর আকৃতিও ছোট হয়।

চিত্রে একই বস্তুকে A এবং B অবস্থানে রেখে দেখা যাচ্ছে। B অবস্থানে বস্তুটি দ্বারা চোখে উৎপন্ন কোণ β, Aঅবস্থানের বীক্ষণ কোণ α এর চেয়ে বড় হওয়ায় বস্তুটি A অবস্থানের চেয়ে B অবস্থানে বড় দেখাবে। কোনো বস্তু আমাদের চোখ থেকে যত দূরে সরে যায় বীক্ষণ কোণও তত হ্রাস পায় বলে বস্তুটি আমাদের কাছে ছোট মনে হয়।



এ কারণে দূরে অবস্থিত গাছপালা ছোট মনে হয়।

গ দেওয়া আছে,

বেগুনি আলোর জন্য কাচের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_{gv} = 1.5$

বেগুনি আলোর জন্য পানির প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_{wv} = 1.34$

লেন্সের ১ম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = +20cm$

লেন্সের ২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -20cm$

বেগুনি আলোর জন্য পানি মাধ্যমে লেন্সের ক্ষমতা, $P_{gv} = ?$

বেগুনি আলোর জন্য পানি মাধ্যমে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f_{gv} হলে,

$$\frac{1}{f_{gv}} = \left(\frac{\mu_{gv}}{\mu_{wv}} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$= \left(\frac{1.5}{1.34} - 1\right)\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right) = \frac{4}{335}\ cm^{-1}$$

$\therefore f_{gv} = 83.75cm$

$= 0.8375\ m$

$$\therefore P_{gv} = \frac{1}{f_{gv}} = \frac{1}{0.8375m}$$

$= +1.194D$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, বেগুনি আলোর জন্য পানি মাধ্যমে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_{gv} = 83.75cm$

বস্তুর দূরত্ব, $u = 5cm$

মনে করি, বেগুনি আলোর জন্য বিম্বের দূরত্ব v_v.

$$\therefore \frac{1}{v_v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_{gv}}$$

$$বা, \frac{1}{v_v} = \frac{1}{f_{gv}} - \frac{1}{u}$$

$$বা, \frac{1}{v_v} = \frac{1}{83.75} - \frac{1}{5}$$

$\therefore v_v = 5.32\ cm$

উদ্দীপক হতে পাই,

লাল আলোর জন্য কাচের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_{gr} = 1.48$

লাল আলোর জন্য পানির প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_{wr} = 1.33$

মনে করি, লাল আলোতে পানি মাধ্যমে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $= f_r$

$$\therefore \frac{1}{f} = \left(\frac{\mu_{gr}}{\mu_{wr}} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$= \left(\frac{1.48}{1.33} - 1\right)\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right)$$

$$= \frac{3}{266}$$

$\therefore f_r = 88.67cm$

মনে করি লাল আলোতে বিম্বের দূরত্ব v_r

$$\therefore \frac{1}{v_r} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f_r}$$

$$বা, \frac{1}{v_r} = \frac{1}{f_r} - \frac{1}{u} = \frac{1}{88.67} - \frac{1}{5}$$

$\therefore v_r = -5.298cm$

লক্ষ্য করি, $v_v \neq v_r$

সুতরাং বর্ণ পরিবর্তনের সাথে বিম্বের অবস্থানের পরিবর্তন হয়।

প্রশ্ন ▶১০ সুন্দরবন বেড়াতে গিয়ে তামান্না একটি নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্র ব্যবহার করে, যার অভিলক্ষ্য এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 20 cm এবং 5 cm। সে যন্ত্রটিকে অসীমে এবং স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব উভয়ক্ষেত্রে ফোকাসিং করে প্রাকৃতিক দৃশ্য অবলোকন করে। *[কু. বো. ২০১৫]*

ক. হাইগেনের নীতিটি বিবৃত কর। ১

খ. কোনো প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 36° বলতে কী বুঝ? ২

গ. তামান্না যখন যন্ত্রটিকে অসীমে ফোকাসিং করে তখন যন্ত্রের দৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. উভয়ক্ষেত্রে ফোকাসিং এর জন্য তামান্নার পর্যবেক্ষণকৃত বিবর্ধনের তুলনামূলক গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১০নং প্রশ্নের উত্তর

ক হাইগেনের নীতিটি হলো, তরঙ্গমুখের প্রতিটি বিন্দুকে নতুন গোলকীয় তরঙ্গের উৎস হিসেবে গণ্য করা যায়।

খ প্রিজমে রশ্মির আপতন কোণ (i) স্বল্পমানের হলে বিচ্যুতি কোণের (δ) মান অত্যন্ত বেশি হয়। কিন্তু i এর মান বাড়াতে থাকলে δ এর মান হ্রাস পেতে থাকে। এক সময় δ সর্বনিম্ন মানে উপনীত হয়। এরপর i বাড়াতে থাকলে δ এর মান বাড়তে থাকে। সুতরাং কোনো প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 36° বলতে বুঝায়, প্রিজমে আপতন কোণের মান যাই হোক না কেন, বিচ্যুতি কোণ 36° অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হবে না।

গ দেওয়া আছে,

নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0' = 20\ cm$

এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5\ cm$

বের করতে হবে, অসীমে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আমরা জানি, $L = f_0 + f_e = 20\ cm + 5\ cm = 25\ cm$ **(Ans.)**

ঘ অসীমে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে,

$$প্রাপ্ত বিবর্ধন, m' = \frac{f_0}{f_e} = \frac{20\ cm}{5\ cm} = 4$$

কিন্তু স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে (D = 25 cm) ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে

$$প্রাপ্ত বিবর্ধন, m = f_0\left(\frac{1}{D} + \frac{1}{f_e}\right) = 20\ cm\left(\frac{1}{25\ cm} + \frac{1}{5\ cm}\right) = 4.8 > 4$$

লক্ষ্য করি যে, স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে বেশি বিবর্ধন পাওয়া যাচ্ছে।

প্রশ্ন ▶১১ একটি উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20cm ও 40cm। বায়ুতে লেন্সের 60cm সামনে একটি লক্ষ্যবস্তু রাখলে 48cm পিছনে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়। লেন্সটিকে 1.67 প্রতিসরাঙ্কের তরলে নিমজ্জিত করা হল। *[চ. বো. ২০১৭]*

ক. সুসংগত উৎস কী? ১

খ. কৃষ্ণ গহ্বর থেকে আলো নির্গত হতে পারে না কেন তা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. লেন্সটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তরলে নিমজ্জিত করার পর লেন্সটির প্রকৃতি কী হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে উৎস হতে আলোক তরঙ্গসমূহ সর্বদা সমদশায় নিঃসৃত হয় তাকে সুসংগত আলোক উৎস বলে।

খ কৃষ্ণ গহ্বরের আয়তন খুবই ক্ষুদ্র কিন্তু ভর অত্যধিক হওয়ায় এর ঘনত্ব ও মাধ্যাকর্ষণ বল প্রায় অসীম। ফলে এর মুক্তিবেগ আলোর বেগের তুলনায় বেশি ও কৃষ্ণ গহ্বরের মাধ্যাকর্ষণ শক্তি এত প্রবল যে কোন বস্তু এর মধ্যে প্রবেশ করলে বা নাগালের মধ্যে আসলে আর বাইরে আসতে পারে না। এমনকি আলোক কণিকা ফোটনও এর মাধ্যাকর্ষণ শক্তি হতে মুক্ত হতে পারে না। কৃষ্ণ গহ্বরের থেকে কোন প্রকার ফোটন নির্গত হলেও বেশি দূরে যাওয়ার আগেই বিবর কর্তৃক পুনরায় আকৃষ্ট হয় এবং তা আর বাইরে বেরুতে পারে না। তাই এসব বস্তু থেকে নিঃসৃত বা প্রতিফলিত আলো আমরা দেখতে পাই না। অর্থাৎ কৃষ্ণ গহ্বর থেকে আলো নির্গত হতে পারে-না।

গ দেওয়া আছে, উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে

$r_1 = 20$ cm

$r_2 = -40$ cm

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $u = 60$ cm

বিম্বের দূরত্ব, $v = 48$ cm

লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$\text{বা, } \frac{1}{60} + \frac{1}{48} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{40}\right)$$

$$\text{বা, } \mu - 1 = \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } \mu = 1 + \frac{1}{2}$$

$$\therefore \mu = 1.5 \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে

$r_1 = 20$ cm

$r_2 = -40$ cm

তরলের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_w = 1.67$

'গ' হতে পাই লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu_g = 1.5$

মনে করি, তরলে লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক $= {}_w\mu_g$

পরিবর্তিত ফোকাস দূরত্ব, $f_w = ?$

আমরা জানি,
$$\frac{1}{f_w} = ({}_w\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

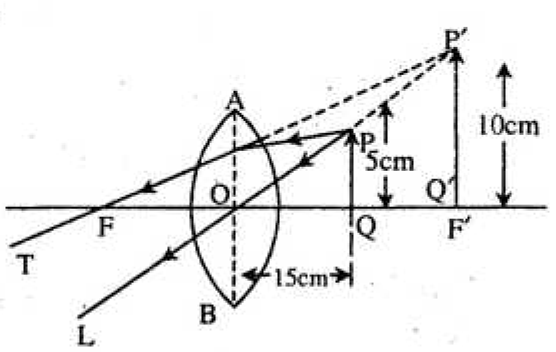
$$= \left(\frac{\mu_g}{\mu_w} - 1\right)\left(\frac{1}{20} + \frac{1}{40}\right)$$

$$= \left(\frac{1.5}{1.67} - 1\right)\left(\frac{3}{40}\right)$$

$$\therefore f_w = -130.98 \text{ cm}$$

অর্থাৎ লেন্সটি একটি অপসারী লেন্সে রূপান্তরিত হবে এবং একটি অবতলোত্তল লেন্স হিসাবে কাজ করবে।

প্রশ্ন ▶ ১২



/চ. বো. ২০১৬/

ক. আলোর ব্যতিচার কী? ১

খ. কাচের সঙ্কট কোণ 42° বলতে কী বোঝ? ২

গ. উল্লিখিত লেন্সটির ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. লেন্সটিকে সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র হিসেবে ব্যবহার করে স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখতে হলে বস্তু থেকে কত দূরে লেন্সটি স্থাপন করতে হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি সুসংগত উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াকে আলোর ব্যতিচার বলে।

খ কাচের সংকট কোণ 42° বলতে বুঝায়, শূন্য মাধ্যমে (বা বায়ু) ও কাচের বিভেদতলে কাচ থেকে 42° কোণে আপতিত রশ্মি বিভেদতল ঘেঁষে প্রতিসরিত হবে। আপতন কোণের মান 42° এর চেয়ে বেশি হলে আলোক রশ্মির প্রতিসরণ না হয়ে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন হবে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

লক্ষ্য বস্তুর দূরত্ব, $u = 15$ cm

লক্ষ্য বস্তুর দৈর্ঘ্য, $\ell = 5$ cm

বিম্বের দৈর্ঘ্য, $\ell' = 10$ cm

আমরা জানি,

$$|M| = \frac{\ell'}{\ell} = \frac{10 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 2.$$

$$\text{আবার, } |M| = \frac{v}{u}$$

$$\text{বা, } 2 = \frac{v}{u}$$

$$\therefore v = 2u$$

যেহেতু বিম্বটি অবাস্তব,

$$\therefore v = -2u = -2 \times 15 \text{ cm} = -30 \text{ cm}$$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{30}$$

$$\therefore f = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } P = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.3} = 3.33 \text{ D (Ans.)}$$

ঘ লেন্সটিকে সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র হিসেবে ব্যবহার করে স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পাওয়ার জন্য অবাস্তব বিম্বটি চোখের স্পষ্ট দর্শনের নিকট বিন্দুতে গঠিত হতে হবে।

অর্থাৎ এক্ষেত্রে, বিম্বের দূরত্ব, $v = -D = -25$ cm

'গ' অংশ হতে পাই, লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব, $f = 30$ cm

বস্তু হতে লেন্সের দূরত্ব u হলে,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}.$$

$$\text{বা, } \frac{1}{u} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} = \frac{1}{30} + \frac{1}{25} = \frac{11}{150}$$

$$\therefore u = 13.64 \text{ cm}$$

অতএব, লেন্সটিকে সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্র হিসেবে ব্যবহার করে স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখতে হলে বস্তু থেকে লেন্সটিকে 13.64 cm দূরে স্থাপন করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৩ বিজ্ঞানের ছাত্র গোলাপের চোখ ত্রুটিহীন কিন্তু আজাদ 40 cm এর কাছের বস্তু দেখতে পায় না। তারা একটি কোষের স্লাইড পর্যবেক্ষণ করার জন্য একটি জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য হতে 0.023 m দূরে স্লাইডটি রাখল। অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 0.02 m এবং 0.07m।

/সি. বো. ২০১৬/

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রার সাথে রোধের পরিবর্তনের কারণ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গোলাপ কত বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব দেখতে পাবে? ৩

ঘ. স্লাইড পর্যবেক্ষণে উভয়ের ক্ষেত্রে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য একই ছিল কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরা বৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায় আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাঁধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। এ বাঁধাই পরিবাহির রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়, ফলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহির রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে, অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_o = 0.02\text{m}$

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 0.07\text{m}$

অভিলক্ষ্যের বস্তুর দূরত্ব, $u_o = 0.023\text{m}$

বিবর্ধন, M = ?

আমরা জানি,

$$\frac{1}{v_o} + \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o}$$

বা, $\frac{1}{v_o} = \frac{1}{f_o} - \frac{1}{u_o}$

বা, $\frac{1}{v_o} = \frac{1}{0.02\text{m}} - \frac{1}{0.023\text{m}}$

বা, $v_o = 0.153\text{m}$

আবার, বিবর্ধন,

$M = -\frac{v_o}{u_o}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$ [D = 0.25m যেহেতু গোলাপের চোখ ত্রুটিহীন এবং চূড়ান্ত বিম্ব অবাস্তব]

$$= -\frac{0.153\text{m}}{0.023\text{m}}\left(1 + \frac{0.25\text{m}}{0.07\text{m}}\right) = -30.4$$

অর্থাৎ গোলাপ 30.4 গুণ বিবর্ধিত বিম্ব দেখতে পাবে। **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে,

অভিলক্ষ্যের বিম্বের দূরত্ব, $v_o = 0.153\text{m}$

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 0.07\text{m}$

গোলাপের জন্য, অভিনেত্রের বিম্বের দূরত্ব, $v_e = -0.25\text{m}$

অভিনেত্রের বস্তুর দূরত্ব, $u_e = ?$

∴ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, L = ?

আমরা জানি,

$$\frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

বা, [illegible]

∴ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = v_o + u_e = 0.153\text{ m} + 0.054\text{m} = 0.207\text{m}$

আজাদের জন্য,

অভিনেত্রের বিম্বের দূরত্ব, $v_e = -0.4\text{m}$

∴ $\frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$

বা, $\frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} - \frac{1}{v_e} = \frac{1}{0.07\text{m}} - \frac{1}{-0.4\text{m}}$

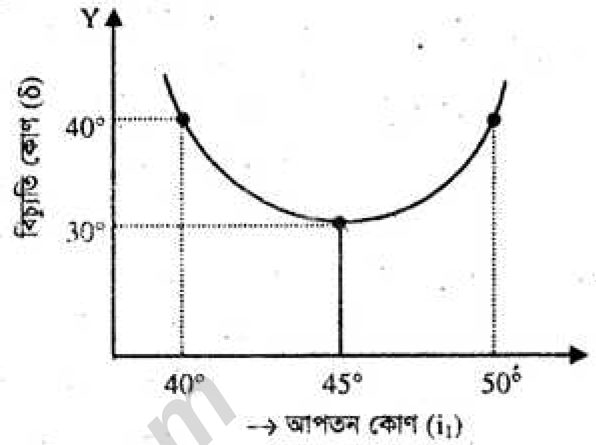
বা, $\frac{1}{u_e} = \frac{1}{0.07\text{m}} + \frac{1}{0.4\text{m}}$

∴ $u_e = 0.059\text{m}$

∴ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = v_o + u_e = 0.153\text{m} + 0.059\text{m} = 0.212\text{m}$

অর্থাৎ স্লাইড পর্যবেক্ষণে উভয়ের ক্ষেত্রে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য একই ছিল না।

প্রশ্ন ▶ ১৪



/সি. বো. ২০১৫/

উপরের চিত্রে একটি সমবাহু প্রিজমের ভিন্ন ভিন্ন আপতন কোণের জন্য বিচ্যুতি কোণ বনাম আপতন কোণ এর লেখচিত্র দেখানো হয়েছে।

ক. সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. লেন্সের চারিপার্শ্বস্থ মাধ্যম পরিবর্তন করলে উহার ফোকাস দূরত্ব পরিবর্তন হয় কেন? ২

গ. উল্লিখিত প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাংক কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রে প্রদর্শিত তিনটি আপতন কোণের জন্য স্ব-স্ব নির্গত কোণের মান সমান হবে কি? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ লেন্সের চারিপার্শ্বস্থ মাধ্যম পরিবর্তন করলে এর উপাদানের আপেক্ষিক প্রতিসরাংক পরিবর্তিত হয়ে যায়। তখন লেন্সের অভিসারী বা অপসারী ক্ষমতাও পরিবর্তন ঘটে বলে $f = \frac{1}{P}$ সূত্রানুসারে এর ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে।

গ এখানে,

প্রিজম কোণ, $A = 60°$

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = 30°$

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = ?$

আমরা জানি, $$\mu = \frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}} = \frac{\sin\frac{60°+30°}{2}}{\sin\frac{60°}{2}} = \frac{\sin 45°}{\sin 30°}$$

$$= 1.414$$

ঘ i_1 আপতন কোণের জন্য নির্গত কোণ i_2 হলে আমরা জানি,

$\delta = i_1 + i_2 - A$

∴ $i_2 = (\delta + A) - i_1$

প্রথম আপতনের ক্ষেত্রে, $i_1 = 40°$, $\delta = 40°$

∴ $i_2 = 40° + 60° - 40° = 60°$; $i_1 \neq i_2$

দ্বিতীয় আপতনের ক্ষেত্রে, $i_1 = 45°$, $\delta = 30°$

∴ $i_2 = 30° + 60° - 45° = 45°$, $i_1 = i_2$

তৃতীয় আপতনের ক্ষেত্রে, $i_1 = 50°$, $\delta = 40°$

$\therefore$ $i_2 = 40° + 60° - 50° = 50°$, $i_1 \neq i_2$

$\therefore$ ১ম ও ৩য় আপতন কোণের স্ব-স্ব নির্গত কোণ সমান নয়। কিন্তু ২য় আপতন কোণের জন্য নির্গত কোণ সমান।

প্রশ্ন ▶ ১৫ একটি অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য এবং অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 3cm এবং 4cm। লেন্সদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 14.5cm। 0.50mm দৈর্ঘ্যের একটি বস্তু অভিলক্ষ্য হতে 3.1cm দূরে স্থাপন করা হল। /য. বো. ২০১৭/

ক. তরঙ্গমুখ কাকে বলে? ১

খ. n-p-n ট্রানজিস্টার p-n-p ট্রানজিস্টরের চেয়ে বেশি কার্যকর-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. অভিলক্ষ্যের প্রতিবিম্বের দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. অভিলক্ষ্য এবং অভিনেত্রের বিবর্ধণের তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তরঙ্গের ওপর অবস্থিত সম-দশাসম্পন্ন কণাগুলোর সঞ্চারপথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ npn ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের প্রবাহের জন্য হয় এবং npn ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ হোল-এর প্রবাহের জন্য হয় কিন্তু বহির্বর্তনীর সংযোগ তারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের জন্যই হয়ে থাকে। অর্থাৎ npn ও pnp ট্রানজিস্টরের কার্যনীতি একই রকম হলেও npn ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক হল প্রধানত ইলেকট্রন এবং pnp ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক প্রধানত হোল।

আমরা জানি যে, ইলেকট্রন অধিক দ্রুত তড়িৎবাহক। তাই উচ্চ কম্পাঙ্ক বর্তনী বা কম্পিউটার বর্তনীতে pnp এর তুলনায় npn ব্যবহার করলে তা বেশী কার্যকর হয় এবং বর্তনী সিগনালের প্রতি দ্রুত সাড়া দেয়

গ দেওয়া আছে,

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 3$ cm

লেন্সদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $l = 14.5$ cm

অভিলক্ষ্য থেকে বস্তুর দূরত্ব, $u_0 = 3.1$ cm

অভিলক্ষ্য থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v_0 = ?$

আমরা জানি,

$$\frac{1}{v_0} + \frac{1}{u_0} = \frac{1}{f_0}$$

বা, $\frac{1}{v_0} = \frac{1}{3} - \frac{1}{3.1} = \frac{1}{93}$

$\therefore$ $v_0 = 93$ cm **(Ans.)**

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

অভিলক্ষ্যের প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v_0 = 93$ cm

উদ্দীপক অনুসারে,

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 4$ cm

অভিলক্ষ্য হতে বস্তুর দূরত্ব, $u_0 = 3.1$ cm

অভিলক্ষ্যও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $L = 14.5$ cm

$\therefore$ অভিনেত্র থেকে প্রথম বিম্বের দূরত্ব, $u_e = L - v_0$
$= 14.5 - 93$
$= -78.5$ cm

আমরা জানি,

$$\frac{1}{u_e} + \frac{1}{v_e} = \frac{1}{f_e}$$

বা, $v_e = \left(\frac{1}{f_e} - \frac{1}{u_e}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{78.5}\right)^{-1} = 3.81$ cm

$\therefore |m_0| = \left|\frac{v_0}{u_0}\right| = \left|\frac{93}{3.1}\right| = 30$

এবং $|m_e| = \left|\frac{v_e}{u_e}\right| = \left|\frac{3.81}{-78.5}\right| = 0.05$

$\therefore \left|\frac{m_0}{m_e}\right| = \frac{30}{0.05} = 600$

বা, $|m_0| = 600\,|m_e|$

অর্থাৎ, অভিলক্ষ্যের বিবর্ধন অভিনেত্রের বিবর্ধনের 600 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ১৬ একটি কাঁচ প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° ও উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$। /য. বো. ২০১৬/

ক. আলোর সমবর্তন কী? ১

খ. 'প্রকৃতিতে কোনো উৎসই সুসজ্ঞাত নয়'—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে প্রথম আপতন কোণ নির্ণয় সম্ভব—উক্তিটির যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলো কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমনের পর আলোক তরঙ্গের কম্পন একটি নির্দিষ্ট তলে হওয়ার ঘটনাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ দুটি উৎস থেকে সমদশায় বা কোন নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদের সুসংগত উৎস বলে। সাধারণত দুটি আলাদা উৎসকে সুসংগত উৎস হিসেবে গণ্য করা যায় না, কেননা কোন উৎসের নিঃসৃত আলো অন্য উৎসের উপর কোন ভাবেই নির্ভর করে না। তাই আলাদা দুটি উৎস একটি নির্দিষ্ট দশা সম্পর্ক বজায় রাখতে পারে না। ফলে এদের মধ্যে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও বিস্তারে বেশ পার্থক্য দেখা যায়। তাই প্রকৃতিতে কোন সুসংগত উৎস নেই।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 30°

ঘ এখানে, প্রিজমের প্রতিসারক কোণ, $A = 60°$

আমরা জানি, কোন প্রিজমের বিচ্যুতি কোণ,

$$\delta = i_1 + i_2 - A$$

কিন্তু ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে, $\delta = \delta_m$ এবং $i_1 = i_2$

অতএব, $\delta_m = i_1 + i_2 - A$

বা, $\delta_m = 2i_1 - A$

বা, $2i_1 = \delta_m + A$

বা, $i_1 = \frac{\delta_m + A}{2}$

বা, $i_1 = \frac{30° + 60°}{2}$ [গ নং হতে]

বা, $i_1 = 45°$ = প্রথম আপতন কোণ

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে প্রথম আপতন কোণ (i_1) নির্ণয় করা সম্ভব এবং প্রথম আপতন কোণের মান 45°।

প্রশ্ন ▶ ১৭ 1.5 প্রতিসরাঙ্কের একটি উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 0.2 m ও 0.3m। বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ এবং পানির প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$। /য. বো. ২০১৬/

ক. অপবর্তন গ্রেটিং কী? ১

খ. উড্ডয়মান উড়োজাহাজের ছায়া মাটিতে পরে না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বায়ু মাধ্যমে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের তারতম্য হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক বহু সংখ্যক পরস্পর সমান্তরাল ও সরু চির সম্পন্ন পাতকে অপবর্তন গ্রেটিং বলে।

খ উড্ডয়মান উড়োজাহাজের ছায়া মাটিতে না পরার কারণ হলো আলোর অপবর্তন। উড়োজাহাজের দেহের প্রান্ত দিয়ে গমনকারী আলোক রশ্মিসমূহ আলোর উৎস হিসেবে ক্রিয়া করে। এ উৎসগুলো হতে আলোকরশ্মি এসে বিমানের নিচে ভূমিতে পতিত হয়। বিমানের অব্যবহিত নিচের অংশে ভূমিতে এভাবে বহুসংখ্যক আলোকরশ্মি পতিত হওয়ায় ঐ স্থানে ছায়া গঠিত হতে পারে না।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 24 cm

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ১৮ একটি নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 200cm ও 5cm। /ব. বো. ২০১৭/

ক. হাইগেনস-এর নীতিটি বিবৃত কর। ১

খ. ধারকের মধ্যে পরাবিদ্যুৎ যুক্ত করলে ধারকত্বের কি পরিবর্তন হয় ব্যাখ্যা কর। ২

গ. নিকট ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে যন্ত্রটির নলের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যখন একটি বস্তুকে অসীমে ও স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম দূরত্বে রাখা হয় তখন কোন ক্ষেত্রে উদ্দীপকের যন্ত্রটির বিবর্ধন বেশি হয় তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গমুখের উপরস্থ সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যে কোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ ধারকের মধ্যে পরাবিদ্যুৎ যুক্ত করলে এর ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

আমরা জানি, ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{AK\epsilon_0}{d}$

এখানে, K হলো ধারকের মধ্যবর্তী মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক। শূন্য মাধ্যমের জন্য K = 1 কিন্তু অন্য যেকোনো অন্তরক মাধ্যমের ক্ষেত্রে K এর মান 1 এর চেয়ে বড়। তাই পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম না থাকলে ধারকের যে ধারকত্ব পাওয়া যায়, তার চেয়ে পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম যুক্ত অবস্থায় ধারকের ধারকত্ব বেশি হয়।

গ দেওয়া আছে,

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 200$ cm

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5$ cm

জানা আছে, স্পষ্ট দর্শনের নিকট বিন্দু, D = 25 cm

বের করতে হবে, নিকট ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে নভো-দূরবীক্ষণ যন্ত্রের নলের দৈর্ঘ্য, L = ?

আমরা জানি,

$$L = f_0 + \frac{D \times f_e}{D + f_e} = 200 + \frac{25 \times 5}{25 + 5} = 204.17 \text{ cm (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 200$ cm

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5$ cm

জানা আছে, স্পষ্ট দর্শনের নিকট বিন্দু, D = 25 cm

আমরা জানি, অসীম দূরত্বে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন,

$$M = \frac{f_0}{f_e} = \frac{200}{5} = 40$$

এবং নিকট ফোকাসিং-এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন,

$$M' = \frac{f_0}{f_e}\left(1 + \frac{f_e}{D}\right) = \frac{200}{5}\left(1 + \frac{5}{25}\right) = 48$$

∴ অসীমে ফোকাসিং-এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন, M < নিকটে ফোকাসিং-এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন, M′

অর্থাৎ, নিকট ফোকাসিং-এর ক্ষেত্রে বিবর্ধন বেশি হয়।

প্রশ্ন ▶ ১৯ একটি কাচের তৈরি সমবাহু প্রিজম নিয়ে ল্যাবরেটরিতে উহার ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 30° পাওয়া গেল। এর পর প্রিজমটিকে পানিতে ডুবিয়ে আবার ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করা হলো। পানির প্রতিসরাংক $\frac{4}{3}$। /ব. বো ২০১৬/

ক. ফার্মাটের নীতিটি বিবৃত কর। ১

খ. লেন্স এবং প্রিজমের মধ্যে আলোর প্রতিসরণের তুলনা কর। ২

গ. ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে প্রিজমটির প্রথম পৃষ্ঠের প্রতিসরণ কোণ বের কর। ৩

ঘ. পানিতে রাখার পর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের পরিবর্তন হবে কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

১৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় আলোকরশ্মির যত সংখ্যক বারই প্রতিফলন বা প্রতিসরণ যাই হোক না কেন অনুসৃত পথ সর্বদাই স্থির হবে।

খ লেন্সে দুইবার আলোর প্রতিসরণ ঘটে। প্রিজমেও দুইবার আলোর প্রতিসরণ ঘটে। তবে লেন্সের ক্ষেত্রে প্রতিসরণ ঘটে গোলকীয় পৃষ্ঠে, আর প্রিজমে প্রতিসরণ ঘটে হেলানো সমতল পৃষ্ঠে।

গ দেওয়া আছে, প্রিজম কোণ, A = 60°

ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = 30°$

বের করতে হবে, ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে প্রথম পৃষ্ঠের প্রতিসরণ কোণ, r_1 = ?

আমরা জানি, $r_1 = \frac{A}{2} = \frac{60°}{2} = 30°$ **(Ans.)**

ঘ পানিতে রাখায় প্রিজমের উপাদানের আপেক্ষিক প্রতিসরণাঙ্কের পরিবর্তন ঘটবে, তাই এর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণেরও পরিবর্তন ঘটবে।

বায়ুতে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $_a\mu_g = \frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}} = \frac{\sin\frac{60° + 30°}{2}}{\sin\frac{60°}{2}}$

$$= \frac{\sin 45°}{\sin 30°} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} = 1.414$$

পানিতে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $_w\mu_g = \frac{_a\mu_g}{_a\mu_w} = \frac{1.414}{\frac{4}{3}} = 1.0605$

এক্ষেত্রে ন্যূনতম বিচ্যুতি, কোণ δ_m হলে,

$$_w\mu_g = \frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}} \text{ বা, } 1.0605 = \frac{\sin\frac{60° + \delta_m}{2}}{\sin\frac{60°}{2}}$$

বা, $\sin\frac{60° + \delta_m}{2} = 1.0605 \times \sin 30° = 0.53025$

বা, $\frac{60° + \delta_m}{2} = \sin^{-1}(0.53025) = 32.02°$

বা, $60° + \delta_m = 2 \times 32.02° = 64.04°$

∴ $\delta_m = 64.04° - 60° = 4.04° \neq 30°$ (বায়ুর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ)

সুতরাং, পানিতে রাখার পর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶২০ একটি দ্বি-উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20 cm এবং 40 cm। বায়ু মাধ্যমে লেন্সটির সামনে 60 cm দূরে একটি লক্ষ্যবস্তু রাখা হলো। লেন্সটির 48 cm পিছনে বিম্ব গঠিত হয়। লেন্সটিকে 1.67 প্রতিসরণাঙ্কের একটি তরলে ডুবানো হলো।

[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. সুসঙ্গত উৎস কী? ১

খ. কৃষ্ণগহ্বর থেকে আলো বের হয় না কেন? ২

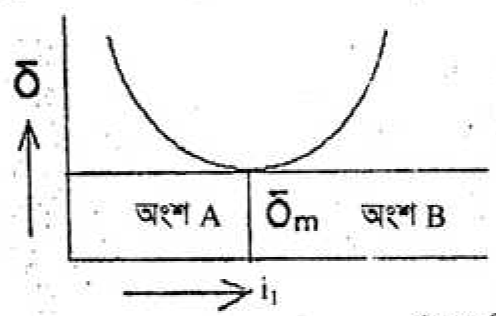
গ. লেন্সের উপাদানের প্রতিসরণাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তরলে ডুবানোর পর লেন্সটির প্রকৃতি কেমন হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

১১ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶২১ একটি সমবাহু প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ পরিমাপ কালে আদনান নিম্নোক্ত লেখ অঙ্কন করলো এবং 37.18° মান পেল। প্রিজমের প্রথম তলে আলোকরশ্মি আপতিত হয়ে দ্বিতীয় তল দিয়ে নির্গত হলো। সে সম্পূর্ণ ঘটনাটিকে সতর্কতার সাথে পর্যবেক্ষণ করলো।



[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

ক. আলোর বিচ্ছুরণ -এর সংজ্ঞা দাও। ১

খ. আলোর ব্যতিচার এবং অপবর্তনের মধ্যকার পার্থক্য লিখ। ২

গ. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরণাংক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $i_1 = 50°$–এর অবস্থান উদ্দীপকের চিত্রে দেখানো অংশদ্বয়ের মধ্যে কোনটিতে হবে—মতামতের পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সাদা আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণের আলোতে বিভক্ত হওয়াকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে।

খ ব্যতিচার ও অপবর্তনের পার্থক্য নিম্নে দেওয়া হলো:

ব্যতিচার	অপবর্তন
i. দুটি সুসঙ্গত উৎস হতে একই মাধ্যমের কোনো বিন্দুতে আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।	i. একটি তরঙ্গ মুখের বিভিন্ন অংশ হতে নির্গত গৌণ তরঙ্গসমূহের উপরিপাতনের ফলে অপবর্তন সৃষ্টি হয়।
ii. ব্যতিচার ঝালরের পট্টিগুলোর বেধ সাধারণত সমান হয় আবার কখনও অসমানও হয়।	ii. একক চিরের দরুন অপবর্তন ঝালরের পট্টিগুলোর বেধ কখনও সমান হয় না।
iii. ব্যতিচারে উজ্জ্বল ও অন্ধকার পট্টিগুলোর অন্তবর্তী দূরত্বগুলো সমান থাকে।	iii. অপবর্তনের ক্ষেত্রে উজ্জ্বল ও অন্ধকার পট্টিগুলোর অন্তবর্তী দূরত্বগুলো ক্রমাগত কমতে থাকে।
iv. ব্যতিচারের ক্ষেত্রে অন্ধকার পট্টিতে কোনো আলো থাকে না।	iv. অপবর্তনের ক্ষেত্রে অন্ধকার পট্টিগুলোতেও কিছু আলো থাকে।
v. ব্যতিচারে সব উজ্জ্বল পট্টিগুলোর আলোক প্রাবল্য সমান থাকে।	v. অপবর্তনে উজ্জ্বল পট্টিগুলোর প্রত্যেকটিতে আলোক প্রাবল্য কখনই সমান থাকে না।

গ ১৪ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 1.5

ঘ ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের জন্য

$\delta_m = 2i_1 - A$

বা, $i_1 = \frac{\delta_m + A}{2}$

$= \frac{37.18° + 60°}{2}$

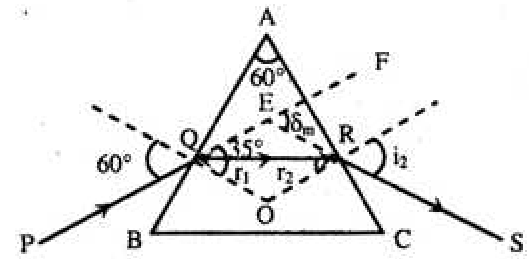
$= 48.59°$

এখানে,
ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = 37.18°$
প্রিজম কোণ, $A = 60°$

যেহেতু, $i_1' = 50° > i_1$

অর্থাৎ, $i_1' = 50°$ ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের সময় আপতন কোণের চাইতে বেশি, তাই এটি অংশ B তে অবস্থিত হবে।

প্রশ্ন ▶২২



[পাবনা ক্যাডেট কলেজ, পাবনা]

ক. টেলিস্কোপ কী? ১

খ. আলোর বিচ্ছুরণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রিজমটির প্রতিসরণাংক বের করো। ৩

ঘ. δ_m এর মান বের কর এবং দেখাও যে ন্যূনতম বিচ্যুতি ঘটে যদি আপতন কোণ 49° হয়। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্রের সাহায্যে দূরের বস্তুকে স্পষ্টভাবে পর্যবেক্ষণ করা যায় তাকে টেলিস্কোপ বলে।

খ আমরা জানি, আলোক রশ্মি যখন এক মাধ্যম হতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন আলোক রশ্মি বিভেদতলে বেঁকে যায়। এই বাঁকার পরিমাণ মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি ও আলোর রঙের উপর নির্ভর করে। সূর্যের সাদা আলো সাতটি রঙের সমষ্টি। তাই যখন এই সাদা আলো কোনো স্বচ্ছ মাধ্যমের উপর আপতিত হয় তখন গতিপথ বেঁকে যায়। ভিন্ন ভিন্ন বর্ণের আলোর বাঁকার পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন হওয়ায় মাধ্যমটির ভিতরে সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়। যদি মাধ্যমটির বিপরীত পৃষ্ঠ আপতন তলের সমান্তরাল না হয়, তবে আলোক রশ্মিগুলো বিশ্লিষ্ট অবস্থাতেই মাধ্যম থেকে বের হয়। কোনো মাধ্যমে যৌগিক আলোর এরূপ বিশ্লিষ্ট হয়ে যাওয়াকেই আলোর বিচ্ছুরণ বলে।

গ ∴ প্রিজমের প্রতিসরণাংক,

$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$

$= \frac{\sin 60}{\sin 35}$

$= 1.51$ **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
আপতন কোণ, $i_1 = 60°$
প্রতিসরণ কোণ, $r_1 = 35°$

ঘ আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

$$\Rightarrow 1.51 = \frac{\sin\frac{60+\delta_m}{2}}{\sin\frac{60}{2}}$$

$\therefore \delta_m = 38°$ **(Ans.)**

এখন, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের জন্য,

$i_1 = \frac{A + \delta_m}{2}$

$= \frac{60 + 38}{2}$

$= 49°$

অতএব, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের জন্য আপতন কোণ 49° হতে হবে।

প্রশ্ন ▶২৩ একটি উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15 cm এবং 30 cm। লেন্স থেকে 25 cm সামনে কোনো বস্তু রাখলে তখন এটি লেন্সের 100 cm পিছনে একটি বিম্ব তৈরি করে।

[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. ফার্মাটের নীতি কী? ১

খ. সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্তের সময় আকাশ লাল দেখায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তথ্য থেকে লেন্সটির প্রতিসরণাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি লেন্সটিকে পানির মধ্যে ডুবান হয় তখন এর ক্ষমতার কি পরিবর্তন আসবে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ($_a\mu_w = 1.33$) ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাবার সময় আলোক রশ্মির পথ সর্বদাই স্থির থাকবে এবং এমন একটি পথ অনুসরণ করবে যে পথ অতিক্রম করতে আলোর সর্বাপেক্ষা কম বা বেশি সময় লাগবে।

খ সূর্যোদয় ও সূর্যাস্তের সময় সূর্য দিগন্ত রেখার কাছাকাছি অবস্থান করে এবং এই সময় সূর্যালোককে সর্বাপেক্ষা অধিক দূরত্ব অতিক্রম করে পৃথিবীতে আসতে হয়। এতটা দীর্ঘ পথ অতিক্রমের অবকাশে বায়ুমণ্ডলের অণু ও ধূলিকণা কর্তৃক সূর্যালোক পুনঃ পুনঃ বিক্ষেপিত হয়। লাল বর্ণ এবং লাল বর্ণের কাছাকাছি বর্ণ ব্যতীত অন্যান্য বর্ণসমূহ অধিক পরিমাণে বিক্ষেপিত হয়, তাই সূর্যোদয় ও সূর্যাস্তের সময় দিগন্ত রেখায় আকাশের রং লাল দেখায়।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 1.5

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ক্ষমতা এক-চতুর্থাংশে নেমে যাবে।

প্রশ্ন ▶২৪ রবি ব্যবহারিক ক্লাসে একটি দ্বি-উত্তল লেন্স নিল। লেন্সটির দুই পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20cm এবং 40cm. রবি লেন্সটির 60cm সামনে একটি বস্তু রাখলে লেন্সের 30cm পিছনে বিম্বটি তৈরী হয়।

[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ, ফেনী]

ক. আলোক বিচ্ছুরণ কি? ১

খ. ফার্মাটের নীতি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লেন্সের উপাদানের প্রতিসরণাঙ্ক বের কর? ৩

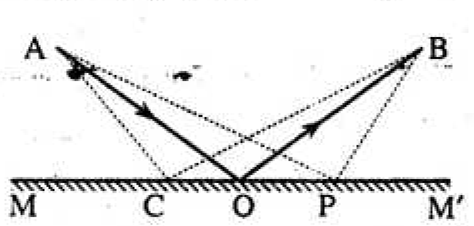
ঘ. লেন্সটিকে তরলের ভেতর নিলে তখন লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব কিরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। [তরলের প্রতিসরণাঙ্ক $\frac{4}{3}$] ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সাদা আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণের আলোতে বিভক্ত হওয়াকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে।

খ আলোক রশ্মি এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে যাবার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

ধরা যাক, A বিন্দু হতে একটি আলোক রশ্মি MOM′ দর্পণে প্রতিফলিত হয়ে B বিন্দুতে গমন করে। A হতে B তে যাবার জন্য অনেকগুলো পথ চিন্তা করতে পারি। চিত্রে ACB, AOB এবং APB পথ বিবেচনা করা হলো। এদের মধ্যে যে পথটির দৈর্ঘ্য সর্বনিম্ন অর্থাৎ যে পথে যেতে সব থেকে কম সময় লাগবে আলো সে পথে গমন করবে।



গ ১১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $\frac{5}{3}$

ঘ এখানে,

উত্তল লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = 20$ cm

দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_2 = -40$ cm

লেন্সের উপাদানের প্রতিসরনাঙ্ক, $\mu_g = \frac{5}{3}$ ['গ' থেকে প্রাপ্ত]

তরলের প্রতিসরনাঙ্ক, $\mu_l = \frac{4}{3}$

মনে করি, তরলের ভিতর লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f_l

আমরা জানি,

$$\frac{1}{f_l} = ({}_l\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$\frac{1}{f_l} = \left(\frac{\mu_g}{\mu_l} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

আবার, $\frac{1}{f_a} = (\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

$$\therefore \frac{f_w}{f_a} = \frac{\mu_g - 1}{\frac{\mu_g}{\mu_l} - 1}$$

$$= \frac{\frac{5}{3} - 1}{\frac{5/3}{4/3} - 1}$$

$$= \frac{2/3}{\frac{1}{4}}$$

$= 8/3$

$= 2.67$

অতএব, তরলের ভেতর লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব বায়ুতে ফোকাস দূরত্বের 2.67 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶২৫ তাসফি বাতাসে 20cm ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করছে। জানা আছে, $_a\mu_g = \frac{3}{2}$ এবং $_a\mu_w = \frac{4}{3}$.

[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]

ক. তরঙ্গামুখ কী? ১

খ. অবতল লেন্সে সৃষ্ট বিম্ব অবাস্তব– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লেন্সটিকে সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্র হিসেবে ব্যবহার করলে বিবর্ধন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেন্সটিকে পানিতে নিয়ে গেলে এর ক্ষমতার কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ অবতল লেন্স অপসারী ক্ষমতাসম্পন্ন। তাই যেকোনো প্রকার আলোকরশ্মিগুচ্ছ এর ওপর পতিত হোক না কেন, অবতল লেন্সে প্রতিসরণের পর এরা সর্বদাই অপসারীগুচ্ছে পরিণত হয়। কিন্তু বাস্তব প্রতিবিম্ব গঠনের জন্য অভিসারী রশ্মিগুচ্ছের প্রয়োজন হয়। এ কারণেই অবতল লেন্সে বাস্তব প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় না।

গ ৮ (গ) নং সজৃনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ এখানে, বাতাসের সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরাঙ্ক, ${}_a\mu_g = \frac{3}{2}$

বাতাসের সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক, ${}_a\mu_w = \frac{4}{3}$

বাতাসে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 20cm = 0.2m$

লেন্সের দুই পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ r_1 ও r_2 হলে,

বাতাসের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{f_a} = ({}_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

এবং পানির ক্ষেত্রে, $\frac{1}{f_w} = ({}_w\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

$= \left(\frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

$\therefore \frac{\frac{1}{f_a}}{\frac{1}{f_w}} = \frac{({}_a\mu_g - 1)}{\left(\frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w} - 1\right)}$

বা, $\frac{f_w}{f_a} = \frac{\frac{3}{2} - 1}{\frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} - 1} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{8}}$

বা, $\frac{f_w}{f_a} = 4$

$\therefore f_w = 4 \times f_a = 4 \times 20cm = 80cm$

সুতরাং পানিতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_w = 80\ cm = 0.8\ m$

বাতাসের লেন্সের ক্ষমতা, $P_a = \frac{1}{f_a} = \frac{1}{0.2\ m} = 5d$

পানিতে লেন্সের ক্ষমতা, $P_w = \frac{1}{f_w} = \frac{1}{0.8} = 1.25\ d$

সুতরাং লেন্সকে পানিতে নিয়ে গেলে এর ক্ষমতা $\frac{5 - 1.25}{5} \times 100\% = 75\%$ কমবে।

প্রশ্ন ▶২৬ একটি কাচের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বাতাসে এবং তরলে যথাক্রমে 30cm এবং 125cm. বায়ুর সাপেক্ষে গ্লাসের এবং গ্লিসারিনের প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 1.52 এবং 1.47। *[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]*

ক. সমান্তরাল ত্রুটি কি? ১

খ. মেঘ কেনো সাদা দেখায়? সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তরলের প্রতিসরণাঙ্ক বের করো। ৩

ঘ. কাচের লেন্সটির গ্লিসারিনে ফোকাস দূরত্ব বাতাসে ফোকাস দূরত্ব থেকে বেশি –তোমার মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দূরের কোনো বস্তু দেখার সময় চোখের যে ত্রুটির কারণে আমরা বস্তুকে তার প্রকৃত অবস্থান থেকে অন্য অবস্থানে দেখতে পাই তাকে সমান্তরাল ত্রুটি বলে।

খ সূর্যের আলো যখন মেঘের মধ্যে দিয়ে যায়, মেঘের ভেতরের পানিকণাগুলোর আকার বড় হওয়ায় কণাগুলো সব রঙের আলোকেই প্রায় সমানভাবে বিচ্ছুরিত করে। ফলে বিচ্ছুরিত রশ্মি সাদা-ই থেকে যায়। এ জন্য মেঘ সাদা দেখায়।

গ এখানে,

লেন্সের বাতাসে ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 30cm$

লেন্সের তরলে ফোকাস দূরত্ব, $f_l = 125cm$

লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu_g = 1.52$

তরলের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu_l = ?$

আমরা জানি,

$\frac{1}{f_a} = (\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ .... (i)

এবং $\frac{1}{f_l} = ({}_l\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ .... (ii)

(ii) নং কে (i) নং দ্বারা ভাগ করে পাই,

$\frac{f_a}{f_l} = \frac{({}_l\mu_g - 1)}{(\mu_g - 1)}$

বা, $\frac{f_a}{f_l} = \frac{\left(\frac{\mu_g}{\mu_l} - 1\right)}{(\mu_g - 1)}$

$\frac{\mu_g}{\mu_l} = \frac{f_a}{f_l}(\mu_g - 1) + 1$

বা, $\frac{\mu_g}{\mu_l} = \frac{30}{125}(1.52 - 1) + 1$

বা, $\frac{\mu_g}{\mu_l} = 1.1248$

বা, $\mu_l = \frac{\mu_g}{1.1248}$

$\therefore \mu_l = \frac{1.52}{1.1248} = 1.35$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,

লেন্সটির বাতাসে ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 30cm$

বায়ুর সাপেক্ষে গ্লাসের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu_g = 1.52$

বায়ুর সাপেক্ষে গ্লিসারিনের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu_G = 1.47$

ধরি, কাচের লেন্সটির গ্লিসারিনে ফোকাস দূরত্ব = f_G

$\therefore \frac{1}{f_G} = ({}_G\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$ .... (1)

আবার, $\frac{1}{f_a} = (\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$ .... (2)

(2) ÷ (1) করে পাই,

$\frac{f_G}{f_a} = \frac{\mu_g - 1}{{}_G\mu_g - 1}$

বা, $f_G = \frac{\mu_g - 1}{\frac{\mu_g}{\mu_G} - 1} \times f_a$

$= \frac{1.52 - 1}{\frac{1.52}{147} - 1} \times 30$

$= 458.64\ cm > f_a$

সুতরাং, কাচের লেন্সটির গ্লিসারিনে ফোকাস দূরত্ব বাতাসে ফোকাস দূরত্বের চাইতে বেশি।

প্রশ্ন ▶২৭ একটি কোষকে 20 গুণ বিবর্ধিত করলে এটি ভালভাবে পর্যবেক্ষণ করা যায়। এই উদ্দেশ্যে কোষটিকে 2cm ফোকাস দূরত্বের একটি সমোত্তল লেন্সের 2.47cm সামনে রাখা হল। চূড়ান্ত বিম্ব দেখার জন্য 10cm ফোকাস দূরত্বের অপর একটি উত্তল লেন্সকে একই অক্ষ বরাবর স্থাপন করা হবে। লেন্স দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 18cm এবং বায়ুর সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরণাংক $\frac{3}{2}$। *[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]*

ক. ডিপ্লেশন স্তর কী? ১

খ. পরম শূন্য তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহক তড়িৎ কুপরিবাহী হিসেবে কাজ করে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 2cm ফোকাস দূরত্বের লেন্সটির বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোষটিকে ভালভাবে পর্যবেক্ষণের চেষ্টা সফল হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জাংশনের যে অঞ্চলে মুক্ত ইলেকট্রন ও হোল থাকে না সে অঞ্চলকে ডিপ্লেশন বলে।

খ পরম শূন্য তাপমাত্রায় (0K) অর্ধপরিবাহকে ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এই তাপমাত্রায় সহযোজী অনুবন্ধনগুলো খুবই সবল হয় এবং সবগুলো যোজন ইলেকট্রনই সহযোজী অনুবন্ধন তৈরিতে ব্যস্ত থাকে। ফলে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না এবং অর্ধ পরিবাহক কেলাসের যোজন ব্যান্ড এই অবস্থায় পূর্ণ থাকে এবং যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তির ব্যবধান বিকট হয়। ফলে কোনো যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে এসে মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে না। মুক্ত ইলেকট্রন না থাকার কারণে অর্ধপরিবাহক এ সময় বিশুদ্ধ অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে।

গ দেওয়া আছে,
সমোত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = 2\text{cm}$
বায়ু সাপেক্ষে কাঁচের প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_a\mu_g = \frac{3}{2} = 1.5$
লেন্সের সমতল পৃষ্ঠের ব্যাসার্ধ, $r_2 = \infty$
বের করতে হবে, সমোত্তল লেন্সের উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = ?$
আমরা জানি,
লেন্স প্রস্তুতকারকের সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{f} = ({}_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

বা, $\frac{1}{2} = \left(\frac{3}{2} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{\infty}\right)$

বা, $\frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{r_1} - 0\right) = \frac{1}{2}$

$\therefore r_1 = 1\text{ cm}$

অতএব, সমোত্তল লেন্সটির বক্রতার ব্যাসার্ধ 1 cm। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,
অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 2\text{cm}$
অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 10\text{cm}$
অভিলক্ষ্য হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $u_1 = 2.47\text{cm}$
যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = 18\text{cm}$
ধরা যাক, অভিলক্ষ্যের বিম্বের অবস্থান v_1

$$\therefore \frac{1}{v_1} + \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f_0}$$

বা, $v_1 = \left(\frac{1}{f_0} - \frac{1}{u}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2.47}\right)^{-1} = 10.5\text{ cm}$

অভিনেত্রের নিকট উক্ত বিম্বই লক্ষ্যবস্তু মনে হবে, অভিনেত্রের জন্য লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u_2 হলে
$u_2 = L - |v_1| = 18 - 10.5 = 7.5\text{ m}$
এখন, চূড়ান্ত বিম্বের অবস্থান v_2 হলে,

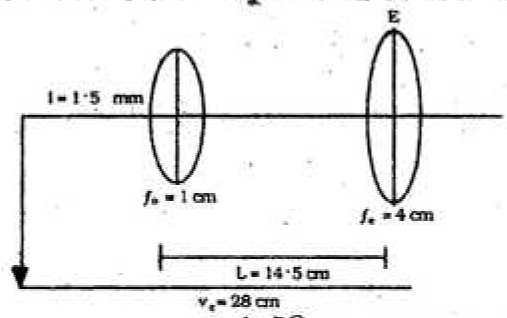
$$\frac{1}{v_2} + \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f_e}$$

বা, $v_2 = \left(\frac{1}{f_e} - \frac{1}{u_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{7.5}\right)^{-1}$
$= 30\text{cm}$

$\therefore$ বিবর্ধন $|M| = \left|\frac{v_1}{u_1}\right| \times \left|\frac{v_2}{u_2}\right|$
$= \left|\frac{10.5}{2.47}\right| \times \left|\frac{-30}{7.5}\right|$
$= 17$

কিন্তু উদ্দীপক অনুসারে কোষটি স্পষ্টভাবে দেখতে হলে 20 গুণ বিবর্ধিত করতে হবে এবং 25cm দূরে গঠিত হতে হবে। যেহেতু $|M| < 20$ এবং বিম্ব দূরত্ব $30\text{cm} > 25\text{cm}$।
সুতরাং কোষটিকে ভালভাবে পর্যবেক্ষণের প্রচেষ্টা সফল হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৮ চিত্রে একটি যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্র দেখানো হল:



[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

ক. সুসংগত আলো কাকে বলে? ১
খ. অবতল লেন্সগঠিত প্রতিবিম্ব পর্দায় উৎপন্ন হয় কিনা? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের অভিলক্ষ্য হতে কত দূরে বস্তুটি স্থাপন করা হয়েছে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের যন্ত্রটিকে ক্ষুদ্র বস্তুটিকে 80 গুণ বড় দেখা যাবে কিনা—তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। 8

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি আলোক উৎস থেকে নির্গত আলোক তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বা তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমান, বিস্তার সমান বা প্রায় সমান এবং দশা সর্বদা পরস্পরের সাথে একই হলে বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্য বজায় রাখলে উক্ত উৎসদ্বয়ের আলোকে তরঙ্গকে সুসংগত আলো বলে।

খ অবতল লেন্সের সামনে একটি লক্ষ্যবস্তু রাখলে লেন্সের সামনে একটি প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এই গঠিত প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সোজা এবং আকারে লক্ষ্যবস্তুর চেয়ে ছোট হয় এবং এই প্রতিবিম্বকে চোখে দেখা যায়, কিন্তু পর্দায় ফেলা যায় না।

গ দেওয়া আছে,
অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 1\text{cm}$
অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 4\text{cm}$
লক্ষ্যবস্তুর আকার, $l = 1.5\text{ mm}$
যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = 14.5\text{cm}$
অভিনেত্র থেকে চূড়ান্ত প্রতিবিম্বের দূরত্ব $v_e = 28\text{cm}$
বের করতে হবে, লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান, $u_0 = ?$
আমরা জানি,

$$\frac{1}{v_e} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

বা, $u_e = \left(\frac{1}{f_e} - \frac{1}{v_e}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{-28}\right)^{-1} = 3.5\text{ cm}$

অভিলক্ষ্য থেকে বিম্বের অবস্থান v_0 হলে,
$v_0 = L - u_e = 14.5 - 3.5\text{cm} = 11\text{cm}$

আবার, $\frac{1}{v_0} + \frac{1}{u_0} = \frac{1}{f_0}$

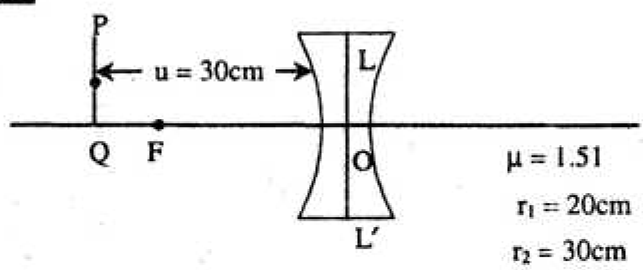
বা, $u_0 = \left(\frac{1}{f_0} - \frac{1}{v_0}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{11}\right)^{-1}$
$= 1.1\text{ cm}$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,
লক্ষ্য বস্তুর অবস্থান, $u_0 = 1.1\text{cm}$
অভিলক্ষ্যের ক্ষেত্রে বিম্বের অবস্থান, $v_0 = 11\text{cm}$
অভিনেত্রের ক্ষেত্রে লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান, $u_e = 3.5\text{ cm}$
চূড়ান্ত বিম্বের অবস্থান, $v_e = -28\text{cm}$
মোট বিবর্ধন m হলে,

$|M| = \left|\frac{v_0}{u_0}\right| \times \left|\frac{v_e}{u_e}\right|$
$= \left|\frac{11}{1.1}\right| \times \left|\frac{-28}{3.5}\right|$
$= 80$

সুতরাং, যন্ত্রটিতে ক্ষুদ্র বসস্তুটি 80 গুণ বড় দেখা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ২৯



একটা লক্ষ্যবস্তুকে অবতল লেন্স হতে 30cm দূরে রাখা হয়েছে। লেন্সের উপাদানের প্রতিসরণাঙ্ক 1.51 এবং বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় r_1ও r_2।

[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. ফার্মাটের নীতি লিখ। ১

খ. কেন সরু প্রিজমের বিচ্যুতি কোণ আপতন কোণের উপর নির্ভর করে না ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক হতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব নির্ণয় কর এবং এর প্রকৃতি কীরূপ? ৩

ঘ. যদি লেন্সটাকে কোনো মাধ্যমে প্রবেশ করানো হয় তবে এর ক্ষমতা-2D হয়। মাধ্যমটির প্রতিসরাঙ্ক কত হবে? ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে আপতন কোণ (i_1) ক্ষুদ্র হলে নির্গমন কোণও (i_2) ক্ষুদ্র হয়। $\mu = \frac{\sin i}{\sin r}$ সূত্রানুসারে এতে r_1 এবং r_2 ও ক্ষুদ্র মানের হয়।

তাহলে $\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{i_1}{r_1} = \mu$ এবং $\frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{i_2}{r_2} = \mu$

$\therefore i_1 = \mu r_1$ এবং $i_2 = \mu r_2$

$\therefore$ বিচ্যুতি $\delta = i_1 + i_2 - A = \mu r_1 + \mu r_2 - A = \mu(r_1 + r_2) - A$

$= \mu A - A = A(\mu - 1)$

A ও μ ধ্রুবমানের হওয়ায় স্পষ্টত যে, সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে (আপতন কোণ ক্ষুদ্র মানের হলে) বিচ্যুতি কোণ ধ্রুবমানের হয় এবং তা আপতন কোণের ওপর নির্ভর করে না।

গ দেওয়া আছে, লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = 1.51$

তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r_1 = -20$ cm, $r_2 = +30$ cm

লেন্স হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, u = 30 cm

বের করতে হবে, প্রতিবিম্বের অবস্থান, v = ?

আকৃতি বা বিবর্ধন, m = ?

এবং প্রকৃতি = ?

লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f হলে, $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

$= (1.51 - 1)\left(-\frac{1}{20\text{ cm}} - \frac{1}{30\text{ cm}}\right) = -0.0425\text{ cm}^{-1}$

আবার, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ বা, $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = -0.0425\text{cm}^{-1} - \frac{1}{30\text{cm}}$

$= -0.07583\text{ cm}^{-1}$

$\therefore v = (-0.07583\text{ cm}^{-1})^{-1} = -13.19$ cm

সুতরাং প্রতিবিম্বের অবস্থান : লেন্সের যে পাশে লক্ষ্যবস্তু অবস্থিত সে পাশে লেন্স হতে 13.19cm দূরে।

রৈখিক বিবর্ধন, $m = -\frac{v}{u} = -\frac{-13.19\text{ cm}}{30\text{cm}} = 0.44$

রৈখিক বিবর্ধনের সাংখ্যিক মান 1 অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হওয়ায় প্রতিবিম্ব লক্ষ্যবস্তুর তুলনায় খর্বাকার। ইহাই আকৃতি। প্রতিবিম্বটি অবাস্তব। বিবর্ধন m ধনাত্মক পাওয়ায় প্রতিবিম্বটি সোজা।

$\therefore$ প্রতিবিম্বের প্রকৃতি : অবাস্তব ও সোজা।

ঘ লেন্সের উপাদান ও জ্যামিতিক আকার-আকৃতি পরিবর্তন না করলে বায়ু মাধ্যম এর ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতার কোনো পরিবর্তন ঘটবে না। তবে লেন্সটিকে অন্য কোনো মাধ্যমে রাখলে এর আপেক্ষিক প্রতিসরাংকের পরিবর্তন ঘটায় ক্ষমতারও পরিবর্তন ঘটবে। তখন উদ্দিষ্ট মাধ্যমের পরম প্রতিসরাংক μ′ হলে,

লেন্সের ক্ষমতা, $P = \frac{1}{f} = \left(\frac{\mu}{\mu'} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

বা, $-2D = \left(\frac{1.51}{\mu'} - 1\right)\left(\frac{-1}{20\text{cm}} - \frac{1}{30\text{cm}}\right)$

$= \left(\frac{1.51}{\mu'} - 1\right)\left(-\frac{1}{12}\text{cm}^{-1}\right)$

বা, $\left(\frac{1.51}{\mu'} - 1\right)\left(-\frac{1}{12} \times 100\text{m}^{-1}\right) = -2\text{m}^{-1}$

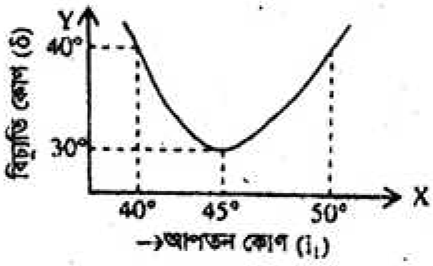
বা, $\frac{1.51}{\mu'} - 1 = \frac{-2\text{m}^{-1}}{-\frac{1}{12} \times 100\text{m}^{-1}} = 0.24$

বা, $\frac{1.51}{\mu'} = 1 + 0.24$

বা, $\mu' = \frac{1.51}{1.24} = 1.218$

সুতরাং লেন্সটিকে – 2D ক্ষমতা বিশিষ্ট অবতল লেন্সে পরিণত করার জন্য একে 1.218 পরম প্রতিসরণাঙ্ক বিশিষ্ট মাধ্যমে রাখতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩০



[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক. তরঙ্গামুখ কাকে বলে? ১

খ. "লেন্সের ফোকাস দূরত্ব এর চারপাশের মাধ্যমের উপর নির্ভর করে" ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রিজমটির উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত তিনটি আপতন কোণের জন্য স্ব স্ব নির্গত কোণের মান ভিন্ন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ আমরা জানি, কোন লেন্সের ফোকাস দূরত্বের সমীকরণ হল—

$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$; যেখানে μ হলো চারপাশের মাধ্যমের সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক।

অর্থাৎ লেন্সের ফোকাস দূরত্ব লেন্সের মাধ্যমের প্রতিসরাংকের উপর নির্ভর করে। আর, যেহেতু কোন মাধ্যমের প্রতিসরাংক তার আশেপাশের মাধ্যমের উপর নির্ভর করে। তাই লেন্সের ফোকাস দূরত্বও আশেপাশের মাধ্যমের উপর নির্ভর করে।

গ ১৪(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৪(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৩১ একটি উভোত্তোল লেন্সের দুই পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15cm এবং 30cm। লেন্সটির সামনে 60cm দূরে বস্তু স্থাপন করলে লেন্সের পেছনে 30cm দূরে বিম্ব গঠিত হয়। পানির প্রতিসরণাংক $\frac{4}{3}$।

[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. ফার্মাটের নীতি বিবৃত করো? ১

খ. একটি চশমার ক্ষমতা +4D-এর অর্থ কী? ২

গ. লেন্সটির উপাদানের প্রতিসরণাংক কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেন্সটি পানিতে নিমজ্জিত করলে এর ক্ষমতা একই থাকবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ এখানে, P = +4 D।

$\therefore f = +\frac{1}{4}m = +0.25m$।

তা হল 'চশমার ক্ষমতা +4 D কথাটির অর্থ হলো: ব্যবহৃত লেন্সটি উত্তল এং এর ফোকাস দূরত্ব 0.25m।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.5

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $f_w = 4f_a$

প্রশ্ন ▶ ৩২ বায়ুতে স্থাপিত একটি 1.5 প্রতিসরণাঙ্কের কাচের তৈরী উভোত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6 cm ও 12 cm।

[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কী? ১

খ. আপতন কোণ 0° বা 90° হলে প্রতিসরনাংক নির্ণয় করা অসম্ভব— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বায়ুতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব কত? ৩

ঘ. লেন্সটিকে পানিতে স্থাপন করলে ফোকাস দূরত্বের কী পরিবর্তন হবে? —গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ($_a\mu_w$ = 1.33)। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রিজমের মধ্য দিয়ে আলো প্রতিসরণের সময় আপতন কোণের একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য বিচ্যুতি কোণ সর্বনিম্ন হয়, যা অপেক্ষা কম মানের বিচ্যুতি পাওয়া কখনোই সম্ভব নয়। বিচ্যুতি কোণের এ সর্বনিম্ন মানকে ন্যূনতম বিচ্যুতি বলে।

খ একটি স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব মাধ্যম হতে আলোকরশ্মি যখন অপর একটি স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে প্রথম মাধ্যম সাপেক্ষে ২য় মাধ্যমের প্রতিসরণাংক বলে।

প্রতিসরণের বেলায় i = 0° হলে r = 0° হয়। তখন sin 0°/ sin0° অনুপাতটি অসংজ্ঞায়িত মান প্রকাশ করে। যদিও প্রতিসরণাংক সব সময়ই সসীম রাশি।

আবার, i = 90° হলে, আপতিত রশ্মি বিভেদতল ঘেঁষে চলে যাবে। এক্ষেত্রে আলোর প্রতিসরণ ঘটবে না। কোনো প্রতিসরণ কোণ পাওয়া যাবে না। ফলে প্রতিসরণাংক নির্ণয় করা সম্ভব নয়। অতএব, আপতন কোণ 0° বা 90° হলে প্রতিসরণাংক নির্ণয় করা অসম্ভব।

গ দেওয়া আছে, লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক, μ = 1.5

বক্রতার ব্যাসার্ধদ্বয় $r_1 = +6$ cm, $r_2 = -12$ cm

বের করতে হবে, বায়ুতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, f_a= ?

আমরা জানি, $\frac{1}{f_a} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

$= (1.5 - 1)\left(\frac{1}{6\text{ cm}} - \frac{1}{-12\text{cm}}\right)$

$= 0.125\text{ cm}^{-1}$

$\therefore f_a = \frac{1}{0.125\text{ cm}^{-1}} = 8$ cm **(Ans.)**

ঘ যেহেতু পানির পরম প্রতিসরণাংক, $\mu_w = 1.33$

তাই লেন্সটিকে পানিতে স্থাপন করলে পানির সাপেক্ষে এর উপাদানের প্রতিসরণাংক $_w\mu_g = \frac{\mu_g}{\mu_w} = \frac{1.5}{1.33} = 1.128$

∴ পানিতে স্থাপন করায় লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব f_w হলে,

$\frac{1}{f_w} = ({}_w\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

$= (1.128 - 1)\left(\frac{1}{6\text{cm}} - \frac{1}{-12\text{ cm}}\right)$

$= 0.032\text{ cm}^{-1}$

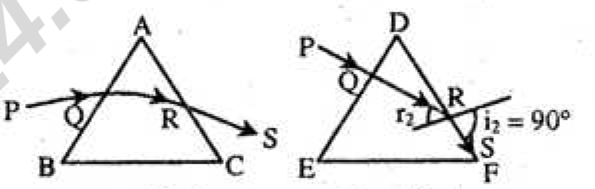
$\therefore f_w = \frac{1}{0.032\text{ cm}^{-1}} = 31.25$ cm

সুতরাং পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব 31.25 cm

লক্ষ করি, $\frac{f_w}{f_a} = \frac{31.25\text{ cm}}{8\text{cm}} = 3.90625 \approx 4$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা গেল যে, পানিতে স্থাপন করায় লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব পূর্বের তুলনায় প্রায় 4 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩



(1 নং চিত্র) (2 নং চিত্র)

সমবাহু প্রিজম $\mu = \frac{3}{2}$

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. বিচ্যুতি কোণ কাকে বলে? ১

খ. প্রতিসরণাংক আলোর বর্ণের উপর নির্ভরশীল— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 1 নং চিত্র হতে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আলোক রশ্মি যদি 2 নং চিত্র অনুযায়ী গমন করে তবে 1 নং প্রিজম ব্যবহার করা সম্ভব কিনা তা গাণিতিক বিশ্লেষণ করে উত্তর দাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রিজমের ক্ষেত্রে ২য় প্রতিসারক তল হতে নির্গত রশ্মি এবং প্রথম প্রতিসারক তলের আপতন রশ্মির মধ্যকার কোণ হচ্ছে বিচ্যুতি।

খ কোনো একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোকরশ্মি একটি স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব মাধ্যম হতে অপর একটি স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব মাধ্যমে প্রবেশকালে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে উক্ত বর্ণের আলোকরশ্মির জন্য প্রথম মাধ্যম সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বলে। একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এবং নির্দিষ্ট আপতন কোণের জন্য বিভিন্ন বর্ণের আলোর ক্ষেত্রে বিভিন্ন প্রতিসরণ কোণ পাওয়া যায়, কারণ বিভিন্ন বর্ণের আলোকরশ্মি বিভিন্ন মানের কোণে বিচ্যুত হয়। তাই একেক বর্ণের আলোকরশ্মির জন্য $\frac{\sin i}{\sin r} (= \mu)$ অনুপাতের মান একেক রকম হয়। এ সকল কারণে, একই মাধ্যমের প্রতিসরণাংক ভিন্ন ভিন্ন রঙের জন্য বিভিন্ন হয়।

গ ১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 37.18°

ঘ উদ্দীপক হতে আমরা পাই,
প্রিজমটি সমবাহু প্রিজম। সমবাহু প্রিজমের প্রিজম কোণ, $A = 60°$
অর্থাৎ আপতন কোণ, $r_2 = 90° - 30°$
$= 60°$
এখন উদ্দীপকের প্রিজমের ক্ষেত্রে সংকট কোণ,

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\frac{3}{2}}\right)$$

$$\therefore \theta_c = 41.81°$$

কিন্তু আপতন কোণ, $\theta_c = 41.81°$ অপেক্ষা বড় হলে পূর্ণ আভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটবে। এখানে $r_2 = 60°$ যা θ_c অপেক্ষা বৃহত্তর। এখানে 1নং প্রিজম ব্যবহার করা সম্ভব না।

প্রশ্ন ▶৩৪ পাট গাছের পাতা থেকে চা তৈরির গবেষণায় বাংলাদেশের সাফল্যতৃষ্ণা স্মরণযোগ্য। একই গবেষণাগারে পাট গাছকে আরও লম্বা করার গবেষণায় লগ্ন জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের 2.2cm সামনে 1mm দৈর্ঘ্যের পাটের 'এক্সপ্লান্ট' রেখে অভিনেত্র থেকে স্পষ্ট দর্শনের নিকটতম বিন্দুতে প্রতিবিম্ব পর্যবেক্ষণ করে। সে 100mm দৈর্ঘ্যের প্রতিবিম্ব পর্যবেক্ষণ করতে চেয়েছিল। অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 2cm এবং 3cm। *[মাইলস্টোন কলেজ]*

ক. আলোক বিচ্ছুরণ কাকে বলে? ১
খ. কাচের প্রতিসরণাংক 1.5 বলতে কী বোঝায়?— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. অণুবীক্ষণ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. লগ্ন প্রত্যাশিত প্রতিবিম্ব পেয়েছিল কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সাদা আলোক রশ্মি প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের ফলে সাতটি মূল বর্ণের আলোতে বিভক্ত হওয়াকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে।

খ বায়ু সাপেক্ষে কাচের প্রতিসরণাঙ্ক 1.5 বলতে বুঝায় যে, আলোক রশ্মি বায়ু হতে কাচে প্রতিসৃত হলে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত 1.5 হবে।

$${}_a\mu_g = \frac{\sin i}{\sin r}$$

বা, $1.5 = \frac{\sin i}{\sin r}$

গ

এখন,
$$\frac{1}{f_0} = \frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1}$$
বা, $v_1 = 22\text{cm}$
আবার, $\frac{1}{f_e} = \frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2}$
বা, $u_2 = 2.68$ cm

এখানে,
অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 2\text{cm}$
অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 3\text{cm}$
লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $u_1 = 2.2\text{cm}$
বিম্বের দূরত্ব, $v_2 = -25\text{cm}$

$\therefore$ যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = |u_2| + |v_1|$
$= 22 + 2.68$
$= 24.68$ cm **(Ans.)**

ঘ

বিবর্ধন,
$M = m_1 \times m_2$
$M = \left(-\frac{v_1}{u_1}\right) \times \left(1 - \frac{v_2}{f_e}\right)$
$= \left(-\frac{22}{2.2}\right) \times \left(1 - \frac{-25}{3}\right)$
$= -93.33$
এখানে ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা উল্টো বিম্ব বোঝানো হচ্ছে।

এখানে,
অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 2\text{cm}$
অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 3\text{cm}$
লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $u_1 = 2.2\text{cm}$
লক্ষ্যবস্তুর দৈর্ঘ্য, $l = 1\text{mm}$
বিম্বের দূরত্ব, $v_2 = -25\text{cm}$
'গ' হতে, $v_1 = 22\text{cm}$
বিম্বের দৈর্ঘ্য, $l' = ?$

$\therefore |M| = \frac{l'}{l}$
বা, $l' = |M| \times l$
$= 93.33 \times 1$
$= 93.33$ mm
অর্থাৎ, 100mm বিম্ব দেখতে পায়নি।

প্রশ্ন ▶৩৫ বায়ুতে একটি লেন্সের 10cm সামনে বস্তু রাখলে 30cm দূরে অবাস্তব প্রতিবিম্ব গঠন করে। পানি ও লেন্সের উপাদানের প্রতিসরাংক যথাক্রমে 4/3 এবং 1.5। লেন্সটিতে পানিতে ডুবিয়ে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করার চেষ্টা করা হলো। *[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]*

ক. অপবর্তন কাকে বলে? ১
খ. গ্রেটিং ধ্রুবক ব্যাখ্যা করে একক দৈর্ঘ্যে চীরের সংখ্যার সাথে সম্পর্ক দেখাও। ২
গ. বায়ুতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কত? ৩
ঘ. পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের কতটুকু পরিবর্তন হবে? ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ ধরা যাক, একটি অপবর্তন গ্রেটিং এর প্রতিটি চিরের প্রস্থ = a এবং প্রতিটি দাগের প্রস্থ =b ; তদুপরি, $a + b = d$
এখানে, d-কে গ্রেটিং ধ্রুবক বা গ্রেটিং উপাদান বলে।
ধরা যাক, একটি গ্রেটিং এর গ্রেটিং ধ্রুবক = d cm এবং একক দৈর্ঘ্যে চিরের সংখ্যা = N
তাহলে, d cm দৈর্ঘ্যের মধ্যে চিরের সংখ্যা 1
$\therefore$ 1 cm দৈর্ঘ্যের মধ্যে চিরের সংখ্যা $\frac{1}{d}$
$\therefore N = \frac{1}{d}$ বা, $N = \frac{1}{a+b}$ বা, $a + b = \frac{1}{N}$

গ দেওয়া আছে,
লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান, $u = 10\text{cm}$
অবাস্তব বিম্বের অবস্থান, $v = -30\text{cm}$
বের করতে হবে, লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $f = ?$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$
বা, $f = \left(\frac{1}{v} + \frac{1}{u}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{-30} + \frac{1}{10}\right)^{-1}$
$\therefore f = 15\text{cm}$ **(Ans.)**

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶৩৬ হারুন বায়ুতে কাচের তৈরি একটি উভোত্তল লেন্স নিয়ে কাজ করছিল যার বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 7.5cm এবং 15cm। ${}^a\mu_g = \frac{3}{2}$ এবং ${}^a\mu_w = \frac{4}{3}$ I. *[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]*

ক. হল বিভব কী? ১
খ. কোনো লেন্সের ক্ষমতা –2.5D বলতে কী বোঝায়? ২
গ. বায়ুতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. লেন্সটিকে পানিতে নিমজ্জিত করলে এর ক্ষমতা কি পরিমাণ বৃদ্ধি বা হ্রাস পাবে— তা গাণিতিকভাবে বের করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎবাহী পরিবাহককে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে তড়িৎপ্রবাহ ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাকে হল বিভব পার্থক্য বলে।

খ $-2.5D$ বলতে বোঝায় লেন্সটি অবতল এবং এটি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল এক গুচ্ছ আলোক রশ্মিকে এমনভাবে অপসারী করে যেন মনে হয় এগুলো লেন্স থেকে $\frac{1}{2.5}$ বা 0.4m দূরের কোনো বিন্দু হতে অপসৃত হচ্ছে।

গ ৭(গ) নং প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। (অধ্যায়-০৬) **উত্তর:** 10 cm

ঘ ৩(ঘ) নং প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। (অধ্যায়-০৬)
উত্তর: $f_w = 4f_a$ বা পানিতে ফোকাস দূরত্ব চারগুণ হবে।

প্রশ্ন ▶৩৭ পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে একটি সমবাহু প্রিজম নিয়ে কাজ করছিল। এতে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ পাওয়া গেল 30°। এরপর প্রিজমটি পানিতে নিমজ্জিত করে পুনরায় ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করল। পানির প্রতিসরাংক 4/3। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী]*

ক. বিচ্যুতি কোণ কাকে বলে? ১
খ. উত্তল লেন্সকে কখন সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র বলা হয়? ২
গ. ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে প্রথম পৃষ্ঠে প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পানিতে নিমজ্জিত করার পর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের পরিবর্তন হবে কি? বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

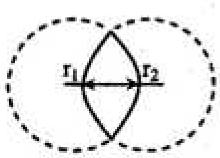
ক প্রিজমের ২য় প্রতিসারক তল হতে নির্গত রশ্মি এবং প্রথম প্রতিসারক তলের আপতন রশ্মির মধ্যবর্তী কোণকে বিচ্যুতি বলে।

খ ক্ষুদ্র লেখা বা বস্তুকে স্পষ্ট দেখার জন্য ক্ষুদ্র ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়। ফ্রেমে আবদ্ধ ক্ষুদ্র ফোকাস দূরত্বের উত্তল লেন্সকে বলা হয় সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র। সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন খুব বেশি হয় না। তাই অতি ক্ষুদ্র বস্তু পর্যবেক্ষণে এটি ব্যবহৃত হয় না।

গ ১৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৩৮ রাইন পার্শ্বের উত্তল লেন্সটিকে পরীক্ষাগারে টেবিলের উপর রেখে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করলো। সে এরপর লেন্সটিকে পানিতে রেখে এর ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করে ভিন্ন মান পেল ($_a\mu_g = 1.5$ এবং $_a\mu_w = 1.33$)।



$r_1 = 18$ cm
$r_2 = 12$ cm

[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ, রাজশাহী]

ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কী? ১
খ. আকাশে উড়ন্ত উড়োজাহাজ ছোট মনে হয় কেন? ২
গ. বায়ুতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব কত? ৩
ঘ. লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব বায়ু ও পানিতে ভিন্ন হওয়ার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

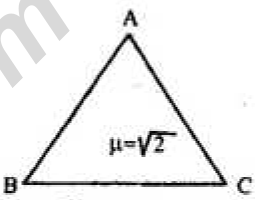
ক তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গে শক্তি প্রবাহের মান ও দিক যে ভেক্টরের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় তাকে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে।
পয়েন্টিং ভেক্টর, $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

খ কোনো বস্তু ছোট না বড় মনে হবে তা নির্ভর করে চোখের রেটিনায় গঠিত বীক্ষণ কোণের ওপর। বীক্ষণ কোণ বড় হলে বস্তু বড় দেখায় এবং বীক্ষণ কোণ ছোট হলে বস্তু ছোট দেখায়। আকাশে উড়ন্ত উড়োজাহাজ চোখ হতে অনেক দূরে অবস্থিত। উড়োজাহাজটি চোখের রেটিনায় অত্যন্ত ক্ষুদ্রমানের বীক্ষণ কোণ উৎপন্ন করে বলে একে ছোট মনে হয়।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 14.4 cm

ঘ উদ্দীপক অনুসারে পানির প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_w = 1.33$
বায়ুতে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_g = 1.5$
পানিতে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক, $_w\mu_g = \frac{_a\mu_g}{_a\mu_w} = \frac{1.5}{1.33}$
$= 1.125$
ধরা যাক, বায়ুতে ও পানিতে লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে f_a ও f_w
আমরা জানি,
$$\frac{1}{f_a} = (_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \text{ .... (i)}$$
এবং $$\frac{1}{f_w} = (_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \text{ .... (ii)}$$
(i) ও (ii) নং সমীকরণ থেকে পাই,
$$\frac{f_w}{f_a} = \frac{_a\mu_w - 1}{_w\mu_g - 1} = \frac{1.5 - 1}{1.125 - 1} = 4$$
বা, $f_w = 4f_a$
$\therefore f_w \neq f_a$
সুতরাং বায়ুতে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক ও পানিতে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক ভিন্ন হওয়ায়, বায়ু অপেক্ষা পানিতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ভিন্ন হয়।

প্রশ্ন ▶৩৯ চিত্রটি লক্ষ করো।



চিত্রে প্রিজমটিতে AB = BC = CA
[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

ক. পরম প্রতিসরণাংক কী? ১
খ. আলোর প্রতিসরণের সময় আলোক রশ্মি দিক পরিবর্তন করে কেন? ২
গ. উদ্দীপকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের প্রিজমটির প্রথম পৃষ্ঠে আলোক রশ্মি $\frac{\pi}{4}$ কোণে আপতিত হলে এটি ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণে নির্গত হবে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি যখন শূন্য মাধ্যম থেকে অন্য কোন মাধ্যমে তির্যকভাবে প্রবেশ করে তখন নির্দিষ্ট রঙের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে ঐ রঙের জন্য ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরাঙ্ক বলে।

খ আলোক রশ্মি কোনো স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যমে সরলরেখায় চলে। কিন্তু আলো যখন এক আলোকীয় মাধ্যম থেকে অন্য কোন মাধ্যমে তির্যকভাবে প্রবেশ করে তখন মাধ্যমদ্বয়ে বিভেদ তলে এর গতিপথ পরিবর্তিত হয় এবং আলোক রশ্মি বেঁকে যায়। মাধ্যমদ্বয়ের ঘনত্বের তারতম্যের জন্য এই পরিবর্তন সাধিত হয়। বিভিন্ন মাধ্যমে আলোর বেগ বিভিন্ন।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\delta_m = 30°$

ঘ দেওয়া আছে,
আপতন কোণ, $i_1 = \frac{\pi}{4} = 45°$
প্রিজমের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu = \sqrt{2}$
'গ' হতে পাই,
ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = 30°$

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$$

বা, $\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{\mu}$

বা, $r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{\mu}\right)$

বা, $r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 45}{\sqrt{2}}\right)$

$\therefore r_1 = 30 = \delta m$

আবার, $r_1 + r_2 = A$

বা, $r_2 = A - r_1$

$= 60° - 30°$

$= 30°$

$\therefore r_1 = r_2$; যা ন্যূনতম বিচ্যুতির শর্ত, অতএব আলোক রশ্মি উক্ত প্রিজমে $\left(\frac{\pi}{4}\right)$ কোণে আপতিত হলে এটি ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণে নির্গত হবে।

প্রশ্ন ▶৪০ একজন ছাত্র ল্যাবরেটরিতে কাঁচের তৈরি একটি দ্বি-উত্তল লেন্সের বাতাসে ফোকাস দূরত্ব ও প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 10 cm ও 1.55 পরিমাপ করল। অতঃপর সে লেন্সটিকে পানিতে ডুবিয়ে পরীক্ষাটি পুনরায় করল। ছাত্রটির জানা ছিল পানির পরম প্রতিসরণাঙ্ক 1.33। দ্বিতীয় পরীক্ষায় সে লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করো। *[নওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]*

ক. লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কাকে বলে? ১

খ. একটি উত্তল লেন্সকে লেন্সের উপাদানের পরম প্রতিসরণাঙ্ক হতে অধিকতর পরম প্রতিসরণাঙ্কর কোন তরলে নিমজ্জিত করলে কী-ঘটবে? ২

গ. ছাত্রটির পর্যবেক্ষণকৃত ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন কেমন ছিল? ৩

ঘ. পানিতে নিমজ্জনের পর লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের কেন এবং কীরূপ পরিবর্তন ঘটেছিল সে সম্পর্কে যথাযথ চিত্রসহ যৌক্তিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। ফোকাস দূরত্বকে f দ্বারা সূচিত করা হয়।

খ একটি উত্তল লেন্সকে তার পরম প্রতিসরণাঙ্কের চেয়ে অধিক পরম প্রতিসরণাঙ্ক বিশিষ্ট তরলে নিমজ্জিত করলে, যদি তরলের সাপেক্ষে লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক $_l\mu_g$ হয়, তবে,

$_l\mu_g = \frac{\mu_g}{\mu_l} < 1$ [যেহেতু, $\mu_g < \mu_l$]

সুতরাং উক্ত তরল লেন্সের ক্ষমতা P হলে,

$$P = \frac{1}{f} = (_l\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r_2}\right) < 0$$

বা, $P < 0$

অর্থাৎ তরলে লেন্সটির ক্ষমতা ঋণাত্মক হবে। সুতরাং একটি উত্তল লেন্সকে এর চেয়ে অধিক পরম প্রতিসরণাঙ্ক বিশিষ্ট তরলে নিমজ্জিত করলে লেন্সটি অবতল লেন্স হিসেবে কাজ করবে।

গ দেওয়া আছে,

বাতাসে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_g = 1.55$

পানির প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_w = 1.33$

$\therefore$ পানিতে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_g = \frac{_a\mu_g}{_a\mu_w} = \frac{1.55}{1.33} = 1.165$

বাতাসে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, f_a এবং পানিতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f_w হলে –

$$\frac{1}{f_a} = (_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \text{ .... (i)}$$

এবং $\frac{1}{f_w} = (_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

$\therefore \frac{f_w}{f_a} = \frac{_a\mu_g - 1}{_a\mu_g - 1} = \frac{1.55 - 1}{1.165 - 1} = 3.3$

বা, $f_w = 3.3 \times f_a$

সুতরাং, পর্যবেক্ষণকৃত ফোকাস দূরত্ব, পূর্বের তুলনায় 3.3 গুণ হবে।

ঘ "গ" অংশ হতে দেখা যায়,

পানিতে নিমজ্জিত অবস্থায় লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে এবং ফোকাস দূরত্ব বায়ুতে ফোকাস দূরত্বের 3.33 গুণ হবে।

উদ্দীপক অনুসারে,

বায়ুতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_a = 10$cm

$\therefore$ পানিতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_w = 3.3 f_a$

$= 33$ cm

ফোকাস দূরত্বের এই পরিবর্তনের কারণ লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক।

আমরা জানি, $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

উক্ত সমীকরণ থেকে স্পষ্ট যে, লেন্সের ফোকাস দূরত্ব লেন্সের প্রতিসরণাঙ্কের উপর নির্ভরশীল। প্রতিসরণাঙ্কের বেশি হলে ফোকাস দূরত্ব কম হয়। আবার প্রতিসরণাঙ্ক কম হলে ফোকাস দূরত্ব বৃদ্ধি পায়।

যেহেতু, বাতাসে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_g = 1.55$

এবং পানিতে লেন্সের প্রতিসরণাঙ্ক, $_w\mu_g = 1.17 > _a\mu_g$

সুতরাং বায়ু অপেক্ষা পানিতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶৪১ 1.8 প্রতিসরনাংক বিশিষ্ট কোন উপাদান দিয়ে তৈরি সমবাহু প্রিজম এর বায়ুমাধ্যমের জন্য ন্যূনতম বিচ্যুতি পাওয়া যায় 38° এরপর প্রিজমটিকে একটি গ্লিসারিণ মাধ্যমে রাখা হয়। গ্লিসারিনের প্রতিসরণাংক = 1.47। *[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]*

ক. ডোপিং কী? ১

খ. বস্তু কখন তরঙ্গের ন্যায় আচরণ করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বায়ু মাধ্যমে ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে আপতন ও নির্গমন কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বেষ্টণকারী মাধ্যমের পরিবর্তনের জন্য প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের পরিবর্তন হবে কি? বিশ্লেষণ করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ দ্যা ব্রগলীর মতবাদ অনুসারে m ভরের কোনো বস্তুর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

সমীকরণ হতে দেখা যায়, ক্ষুদ্র ভরের কণার জন্য তরঙ্গ দৈর্ঘ্য লক্ষণীয় হয়। ফলে এর আচরণকে তরঙ্গ হিসেবে বিবেচনা করা যায়।

কিন্তু অধিক ভরের বস্তুর জন্য λ নগণ্য হয়। ফলে এর আচরণকে তরঙ্গ হিসেবে বিবেচনা করা যায় না, কণা হিসেবে বিবেচ্য হয়।

গ ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে আপতন কোণ, i_1 হলে

$i_1 = \frac{A + \delta_m}{2}$

$= \frac{60° + 38°}{2}$

$= 49°$ **(Ans.)**

এখানে,
প্রিজমকোণ, $A = 60°$
ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = 38°$

ন্যূনতম বিচ্যুতি অবস্থানে নির্গমন কোণ, i_2 = আপতনকোণ, i_1

$= 49°$ **(Ans.)**

ঘ প্রিজমকে গ্লিসারিণে রাখলে গ্লিসারিণের সাপেক্ষে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরণাঙ্ক, $_g\mu_s$ হলে,

$$_g\mu_s = \frac{_a\mu_s}{_a\mu_g} = \frac{1.8}{1.47} = 1.224$$

এখানে,
বায়ু মাধ্যমে প্রিজম উপাদানের প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_s = 1.8$
বায়ু মাধ্যমে গ্লিসারিণের প্রতিসরণাঙ্ক, $_a\mu_g = 1.47$

$\therefore$ গ্লিসারিন মাধ্যমে প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ δ_{m_2} হলে,

$$_g\mu_s = \frac{\sin\frac{A+\delta_{m_2}}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

বা, $\sin\frac{A+\delta_{m_2}}{2} = {_g\mu_s}\sin\frac{A}{2}$

বা, $\frac{A}{2} + \frac{\delta_m}{2} = \sin^{-1}\left({_g\mu_s}\sin\frac{A}{2}\right)$

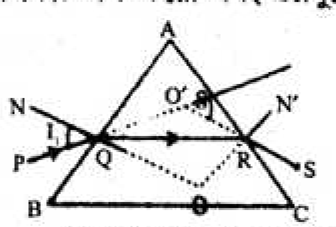
$$\therefore \delta_{m_2} = 2\left[\sin^{-1}\left({_g\mu_s}\sin\frac{A}{2}\right) - \frac{A}{2}\right]$$
$$= 2\left[\sin^{-1}\left(1.224 \times \sin\frac{60^\circ}{2}\right) - \frac{60^\circ}{2}\right]$$
$$= 2\,[\sin^{-1}(0.612) - 30^\circ]$$
$$= 2(37.73^\circ - 30^\circ)$$
$$= 15.47^\circ$$

কিন্তু বায়ু মাধ্যমে প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ ছিল, $\delta_{m_1} = 38^\circ$.

$\therefore \delta_{m_1} \neq \delta_{m_2}$

অর্থাৎ, বেস্টনকারী মাধ্যমের পরিবর্তনের জন্য প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ পরিবর্তিত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৪২ নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[এম সি একাডেমী (মডেল স্কুল এন্ড কলেজ), সিলেট]

ক. প্রিজম কী? ১
খ. ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. $A = 60^\circ$ এবং ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ $\delta_m = 30^\circ$ হলে প্রিজম পদার্থের প্রতিসরণাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের প্রিজমটি সরু হলে দেখাও যে বিচ্যুতি কোণ, প্রিজম কোণ এবং তার উপাদানের প্রতিসরণাঙ্কের উপর নির্ভর করে। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি স্বচ্ছ বস্তুকে যদি ছয়টি আয়তক্ষেত্রিক তল দ্বারা এমনভাবে সীমাবদ্ধ করা হয় যে, যে কোনো দুই জোড়া বিপরীত তল সমান্তরাল, কিন্তু অপর দুটি তল সমান্তরাল না হয়ে পরস্পর আনত অবস্থায় থাকে তাহলে তাকে প্রিজম বলে।

খ প্রিজমে প্রথম পৃষ্ঠে আপতন কোণ খুব ক্ষুদ্র মানের হলে বিচ্যুতি কোণ অনেক বৃহৎ মানের হয়। কিন্তু আপতন কোণের মান বাড়াতে থাকলে বিচ্যুতি কোণের মান কমতে থাকে এবং একটি ন্যূনতম মানে উপনীত হয়। আপতন কোণ আরো বাড়াতে থাকলে এরপর বিচ্যুতি কোণ বাড়তে থাকে। প্রিজমে বিচ্যুতি কোণের এই ন্যূনতম মানকে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ বলে।

গ

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরণাঙ্ক

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A+\delta m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$
$$= \frac{\sin\left(\frac{60^\circ+30^\circ}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60^\circ}{2}\right)}$$
$$= \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ}$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{2}{1}$$
$$= \sqrt{2}\ (\text{Ans.})$$

এখানে,
প্রিজম কোণ, $A = 60^\circ$
ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ,
$\delta_m = 30^\circ$

ঘ যে সকল প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 4° থেকে 6° এর চেয়ে বড় নয় তাদেরকে সরু প্রিজম বলে। কোনো সরু প্রিজমের উপর একটি রশ্মি খুব ছোট কোণে আপতিত হলে অর্থাৎ প্রায় লম্বভাবে আপতিত হলে বিচ্যুতি কোণ,

$\delta = i_1 + i_2 - A$

এবং $\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$

এখন i_1 ও r_1 খুব ছোট হওয়ায় i_2 ও r_2 খুব ছোট হয়। কাজেই,

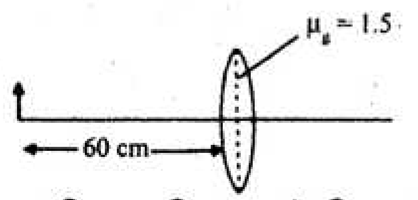
$\mu = \frac{i_1}{r_1} = \frac{i_2}{r_2}$ [$\because$ i_1 খুব ছোট বলে $\sin i_1 = i_1$]

$\therefore \delta = \mu r_1 + \mu r_2 - A = \mu(r_1 + r_2) - A = \mu A - A$

$\therefore \delta = A(\mu - 1)$

অর্থাৎ সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে বিচ্যুতি কোণের মান আপতন কোণের উপর নির্ভর করে না কেবল প্রিজমের প্রতিসারক কোণ ও প্রিজম পদার্থের প্রতিসরণাঙ্কের উপর নির্ভর করেন।

প্রশ্ন ▶ ৪৩



চিত্রে বায়ু মাধ্যমে স্থাপিত একটি কাচের তৈরি করে দেখানো হলো। লেন্সটির বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20cm এবং 40cm। পানির প্রতিসরণাঙ্ক $\frac{4}{3}$।

[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]

ক. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য কাকে বলে? ১
খ. ঘূর্ণন কাঠামো জড় প্রসঙ্গ কাঠামো নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. লেন্সটির বায়ুতে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বায়ুতে লেন্স থেকে 60cm দূরে বস্তু রাখলে প্রতিবিম্ব বাস্তব হয়, কিন্তু পানিতে লেন্সটি রেখে একই দূরত্বে বস্তুটি রাখলে প্রতিবিম্ব অবাস্তব হয়— গাণিতিক ব্যাখ্যা করে তোমার উত্তরের সত্যতা যাচাই করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পদার্থে সর্বোচ্চ যে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় বা যে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয় না সেই তরঙ্গদৈর্ঘ্যকে ঐ ধাতব পদার্থের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে।

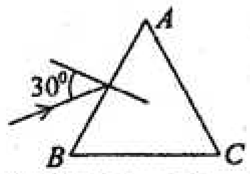
খ পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্র অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলা হয়। অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোর অন্যতম শর্ত পর্যবেক্ষক ও পর্যবেক্ষণশীল বস্তুর মধ্যে ধ্রুব বেগ থাকতে হবে। কিন্তু ঘূর্ণন কাঠামো

বলতে বোঝায়, এমন একটি কাঠামো যা কোন বিন্দু বা বস্তুকে কেন্দ্র করে একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রেখে ঘুরে। ঘূর্ণনশীল বস্তুর রৈখিক বেগের মান যদি ধ্রুব ধরা হয় তারপরও ধারাবাহিক ভাবে দিকের পরিবর্তনের কারণে এর রৈখিক বেগ পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ অপর কোনো প্রসঙ্গ কাঠামোর অন্যতম শর্ত ধ্রুব বেগ বজায় রাখে না। ফলে জড় প্রসঙ্গ কাঠামোর অন্যতম শর্ত "ধ্রুব বেগ" খন্ডিত হয়। সুতরাং স্পষ্টতই ঘূর্ণন কাঠামো জড় প্রসঙ্গ কাঠামো নয়।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 26.68 cm।

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ৪৪



এখানে ABC একটি প্রিজম যার AB = BC = AC এবং এর উপাদানের প্রতিসরণাংক $\mu = 1.5$ *[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা]*

ক. তরঙ্গমুখ কাকে বলে? ১

খ. কোনো লেন্সের ক্ষমতা –2.5D বলতে কী বোঝায়? ২

গ. প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে রশ্মিটি AC পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

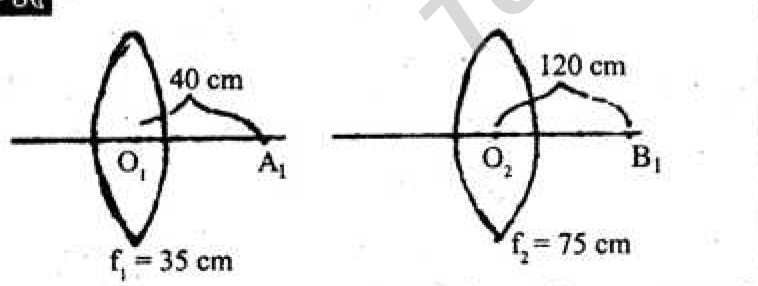
ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ – 2.5D বলতে বোঝায় লেন্সটি অবতল এবং এটি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল এক গুচ্ছ আলোক রশ্মিকে এমনভাবে অপসারী করে যেন মনে হয় এগুলো লেন্স থেকে $\frac{1}{2.5}$ বা 0.4m দূরের কোনো বিন্দু হতে অপসৃত হচ্ছে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 37.18°

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: আলোকরশ্মি AC পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হবে। এক্ষেত্রে $i_2 = 77.096°$ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৫



[খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি]

ক. বিম্ব কাকে বলে? ১

খ. একটি উত্তল লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা বৃদ্ধির দুটি কৌশল ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র-১ এর কোথায় বস্তু রাখলে দ্বিগুণ বিবর্ধিত বিম্ব সৃষ্টি হবে। ৩

ঘ. চিত্র-১ এবং ২ এর সাথে 2D ক্ষমতার একটি অবতল লেন্স যুক্ত করে A_1 এবং B_1 স্থানে বস্তু রাখার কারণে সৃষ্ট বিম্বের দূরত্বের তুলনা করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বিন্দু থেকে নিঃসৃত আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত হয়ে যদি দ্বিতীয় কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা দ্বিতীয় কোন বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়, তাহলে ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুর বিম্ব বলে।

খ আমরা জানি, লেন্সের ক্ষমতা, $P = \frac{1}{f} = \left(\frac{\mu_2}{\mu_1} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

এখানে, f = লেন্সের ফোকাস দূরত্ব

μ_2 = লেন্সের উপাদানের প্রতিসরণাঙ্ক

μ_1 = লেন্সের চারপাশের মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক

লেন্স প্রস্তুত কারক সমীকরণ থেকে স্পষ্ট একটি উত্তল লেন্সের অভিসারি ক্ষমতা দুই ভাবে বৃদ্ধি করা সম্ভব।

i. লেন্সের উপাদানের প্রতিসরণাঙ্কের চেয়ে চারপাশের মাধ্যমের প্রতিসারক কম হলে অভিসারী ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রে লেন্সের উপাদানের চেয়ে অপেক্ষাকৃত হালকা ঘনত্বের মাধ্যম ব্যবহার করতে হবে।

ii. অধিক প্রতিসরণাঙ্কের উপাদানের পদার্থ দিয়ে লেন্স তৈরি করা।

iii. ফোকাস দূরত্ব কমিয়ে উত্তল লেন্সের অভিসারি ক্ষমতা বৃদ্ধি করা যায়। এক্ষেত্রে লেন্সের মাঝখানের পুরুত্ব বাড়ালে (Grind & Polish এর মাধ্যমে) লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কমানো যায়।

গ দেওয়া আছে,

ফোকাস দূরত্ব, $f_1 = +35\text{cm}$

বিবর্ধন, $|m| = 2$

বের করতে হবে, লক্ষ্য বস্তুর অবস্থান, u = ?

আমরা জানি, $|m| = \frac{v}{u} = 2$

বা, $v = 2u$

আবার, $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

বা, $\frac{1}{35} = \frac{1}{2u} + \frac{1}{u}$

বা, $\frac{1}{35} = \frac{1+2}{2u}$

বা, $2u = 105$

বা, $u = 52.5$ cm **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

১ নং চিত্রের উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_1 = +35\text{cm} = +0.35\text{m}$

$\therefore$ ১ নং চিত্রের উত্তল লেন্সের ক্ষমতা, $P_1 = +\frac{1}{0.35} = +2.86$ D

১ নং লেন্সের সাথে 2D ক্ষমতার একটি অবতল লেন্স যুক্ত করলে সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা, $P'_1 = 2.86 - 2 = 0.86$D

আমরা জানি,

$$P'_1 = \frac{1}{f'_1} = \frac{1}{v_1} + \frac{1}{u_1}$$

বা, $0.86 = \frac{1}{v} + \frac{1}{0.4}$ [u = 40cm = 0.4m]

বা, $v_1 = \left(0.86 - \frac{1}{0.4}\right)^{-1}$

$\therefore v_1 = -0.61\text{m} = -61$ cm

ঋণাত্মক চিহ্ন নির্দেশ করে বিম্বটি অবাস্তব এবং A_1 বস্তুটি যে দিকে অবস্থিত বিম্বও সে দিকে গঠিত হবে।

আবার,

২নং চিত্রের উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f_2 = +75\text{cm} = 0.75$ m

$\therefore$ ২নং চিত্রের উত্তল লেন্সের ক্ষমতা, $P_2 = +\frac{1}{0.75} = +1.33$D

উক্ত লেন্সের সাথে 2D ক্ষমতার অবতল লেন্স সংযুক্ত করলে সমতুল্য লেন্সের ক্ষমতা, $P'_2 = 1.33 - 2 = -0.67$ D

আমরা জানি,

$$P_2' = \frac{1}{f'_1} = \frac{1}{v_2} + \frac{1}{u_2}$$

বা, $-0.67 = \frac{1}{v_2} + \frac{1}{1.2}$ $[u_2 = B_1O_2 = 120 \text{ cm} = 1.2 \text{ m}]$

বা, $v_2 = \left(-0.67 - \frac{1}{1.2}\right)^{-1}$

$\therefore v_2 = -0.67\text{m} = -67 \text{ cm}$

সুতরাং B_1 অবস্থানের বস্তুর জন্য যে বিম্ব গঠিত হবে তা অবাস্তব এবং লক্ষবস্তুর যে পাশে সেই পাশে 67cm দূরে।

প্রশ্ন ▶ ৪৬ রাতের অন্ধকারে বেগুনী আলোয় আলোকিত একটি সুইমিংপুলের স্বচ্ছ পানিতে ডুব দিয়ে মুহিত চোখের 5cm সামনে একটি উত্তল লেন্স রেখে হাত পর্যবেক্ষণ করতে গেলে চোখ থেকে 25cm দূরে দ্বিগুণ বিবর্ধিত বিম্ব দেখতে পায়। কিন্তু বেগুনি আলো নিভে গিয়ে লাল আলো জ্বলে উঠলে চোখ থেকে বিম্বের দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে। বেগুনি আলোর পরিবেশে $\mu_w = 1.33$ এবং $\mu g = 1.5$ এবং লাল আলোর জন্য $\mu_w = 1.34$ এবং $\mu_g = 1.48$। লেন্সের উভয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ 20 cm. *[রাঙামাটি সরকারি কলেজ]*

ক. আলোকের সমবর্তন তল কাকে বলে? ১

খ. পানির চেয়ে কাঁচ মাধ্যমে আলোর বেগ কম কেন? ২

গ. বেগুনি পরিবেশে পানিতে নিমজ্জিত অবস্থায় লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব কত? ৩

ঘ. লাল আলোতে হাতের প্রতিবিম্বের দূরত্বের পরিবর্তনের কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমবর্তিত আলোক তরঙ্গের কম্পন তলের সাথে লম্বভাবে যে তলটি থাকে আলোকের সমবর্তন তল বলে।

খ কোনো মাধ্যমে আলোর বেগ মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্কের সাথে সম্পর্ক যুক্ত। আমরা জানি, $\mu_a = \frac{C}{C_a}$ বা, $C_a = \frac{C}{\mu_a}$ বা, $C_a \propto \frac{1}{\mu_a}$ অর্থাৎ, a মাধ্যমে আলোর বেগ মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্কের ব্যস্তানুপাতিক। যে মাধ্যমের প্রতিসারক বড় সে মাধ্যমে আলোর বেগ তুলনামূলক কম হয়। পানির প্রতিসরণাঙ্ক 1.33 এবং কাঁচের প্রতিসরণাঙ্ক 1.5 যেহেতু কাঁচের প্রতিসরণাঙ্ক পানির প্রতিসরণাঙ্কের চেয়ে বেশি। সুতরাং পানির চেয়ে কাঁচ মাধ্যমে আলোর বেগ কম।

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 78.23cm।

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ একটি অনুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 3cm এবং 5cm যন্ত্রটির নলের দৈর্ঘ্য 20cm এর অভিলক্ষ্যের সামনে 3.5cm দূরত্বে 2mm আকারের একটি বস্তু অবস্থিত। *[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]*

ক. স্নেলের সূত্রটি লিখ? ১

খ. আকাশে উড়ন্ত বাজপাখিকে ছোট দেখায় কেন? ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. চূড়ান্ত বিম্বের অবস্থান বের করো। ৩

ঘ. কি ব্যবস্থা গ্রহণ করলে ঐ যন্ত্রের সাহায্যে 40mm আকারের একটি চূড়ান্ত বিম্ব স্পষ্টভাবে দেখা সম্ভব হবে– উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলো যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম থেকে অন্য স্বচ্ছ মাধ্যমে তির্যকভাবে প্রবেশ করে তখন একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ও নির্দিষ্ট রঙের আলোর জন্য আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুব থাকে।

খ কোনো বস্তু ছোট না বড় হবে তা নির্ভর করে চোখের রেটিনায় গঠিত বীক্ষণ কোণের ওপর। বীক্ষণ কোণ বড় হলে বস্তু বড় দেখায় এবং বীক্ষণ কোণ ছোট হলে বস্তু ছোট দেখায়। আকাশে উড়ন্ত বাজ পাখি চোখ হতে অনেক দূরে অবস্থিত। তাই বাজপাখি চোখের রেটিনায় অত্যন্ত ক্ষুদ্র মানের বীক্ষণ কোণ উৎপন্ন করে বলে একে ছোট মনে হয়।

গ দেওয়া আছে,

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 3\text{cm}$

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5\text{cm}$

অভিলক্ষ্য থেকে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $u_1 = 3.5\text{cm}$

যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = 20\text{cm}$

চূড়ান্ত বিম্বের অবস্থান, $v_2 = ?$

অভিলক্ষ্য থেকে বিম্বের দূরত্ব v_1 হলে

$$\frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_0}$$

বা, $v_1 = \left(\frac{1}{f_0} - \frac{1}{u_1}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{3.5}\right)^{-1}$

বা, $v_1 = 21\text{cm}$

এই বিম্ব অভিনেত্রের জন্য লক্ষ্যবস্তু হিসেবে কাজ করে। সুতরাং অভিনেত্রের জন্য লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u_2 হলে –

$u_2 = L - |v_1| = 20 - 21 = 1 \text{ cm}$

অভিনেত্র থেকে চূড়ান্ত বিম্বের দূরত্ব v_2 হলে

$$\frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} = \frac{1}{f_e}$$

বা, $v_2 = \left(\frac{1}{f_e} - \frac{1}{u_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{-1}\right)^{-1} = 0.83\text{cm}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = 3\text{cm}$

অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5\text{cm}$

যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, $L = 20\text{cm}$

লক্ষ্যবস্তুর আকার, $l = 2\text{mm}$

চূড়ান্ত বিম্বের আকার, $l' = 40\text{mm}$

যন্ত্রের মোট বিবর্ধন M হলে,

$$|M| = \frac{l}{l'} = \frac{40\text{mm}}{2\text{mm}} = 20$$

আমরা জানি, স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম বিন্দুতে ফোকাসিং এর ক্ষেত্রে,

$$|M| = \frac{v_0}{u_0}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$$

বা, $20 = \frac{v_0}{u_0}\left(1 + \frac{25}{5}\right)$

বা, $20 = \frac{v_0}{u_0} \times 6$

বা, $v_0 = \frac{20v_0}{6} = \frac{10u_0}{3}$

বা, $v_0 = \frac{10}{3} \times 3.5 \text{ cm} = 11.67 \text{ cm}$

আবার, সৃষ্ট দর্পণের নিকট বিন্দুতে চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব পাওয়ার জন্য অভিনেত্র থেকে প্রথম প্রতিবিম্বের দূরত্ব u_e হলে,

$$\frac{1}{u_e} + \frac{1}{v_e} = \frac{1}{f_e}$$

বা, $\frac{1}{u_e} = \frac{1}{v_e} + \frac{1}{f_e}$

বা, $\frac{1}{u_e} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f_e}$

বা, $u_e = \frac{Df_e}{D + f_e}$

$= \frac{25 \times 5}{25 + 5}$

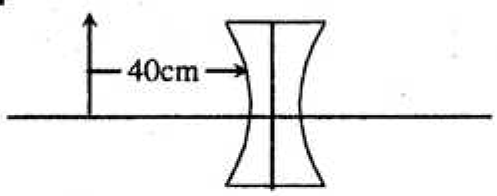
$= 4.167 \text{ cm}$

অতএব, যন্ত্রের দৈর্ঘ্য নির্ধারণ করতে হবে।

$$L_D = v_0 + u_e$$
$$= (11.67 + 4.167)\text{cm}$$
$$= 15.83 \text{ cm}$$

অতএব, পর্যবেক্ষণকৃত বস্তুটিকে তার পূর্বের অবস্থানে রেখে যন্ত্রের দৈর্ঘ্য (20 – 15.83)cm বা 4.17 cm কমিয়ে আনলে 40 বিবর্ধন বিশিষ্ট স্পষ্ট বিম্ব দেখা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৮



একটি কাঁচের তৈরি উভাবতল লেন্সের ১ম ও ২য় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 20cm ও 30cm।

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. ফ্রেনেল ও ফ্রনহফার শ্রেণীর অপবর্তন-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।২

গ. লেন্সটির ক্ষমতা কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেন্সটির ১ম পৃষ্ঠ সমতল করে দিলে, উভয় ক্ষেত্রেই বিম্বের প্রকৃতি একই হবে কিনা-যাচাই করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ

ফ্রেনেল	ফ্রনহফার
১. চির থেকে আলোক উৎস বা পর্দার দূরত্ব অথবা উভয়ের দূরত্বই সসীম।	১. চির থেকে আলোক উৎস বা পর্দা উভয়ের দূরত্বই অসীম।
২. আপতিত তরঙ্গমুখসমূহ গোলাকার।	২. আপতিত তরঙ্গমুখ সমূহ সমতল।

গ ∴ লেন্সটির ক্ষমতা,

$$P = \frac{1}{f}$$
$$= (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r}\right)$$
$$= -(1.5 - 1)\left(\frac{1}{0.2} + \frac{1}{0.3}\right)$$
$$= -4.167 \text{ D (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
প্রথম তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ,
$r_1 = -20$ cm
$= -0.2$ m
দ্বিতীয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ,
$r_2 = +30$ cm
$= +0.3$ m
কাচের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

ঘ 'গ' হতে, ক্ষমতা, $P = -4.167$ D

∴ ফোকাস দূরত্ব, $f = -24$ cm

বস্তুর দূরত্ব, $u = +40$ cm

যখন উভয় পাশেই অবতল, বিম্বের দূরত্ব = v হলে,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

বা, $\frac{1}{-24} = \frac{1}{40} + \frac{1}{v}$

$\therefore v = -15$ cm

∴ বিবর্ধন, $m = -\frac{v}{u} = 0.375$

∴ বিম্ব খর্বিত, অবাস্তব এবং সোজা।

কিন্তু লেন্সের ১ম পৃষ্ঠ সমতল হলে, $r_1 = \infty$

$$\therefore \frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$
$$= (1.5 - 1)\left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{0.3}\right)$$

$\therefore f = -60$ cm

$$\therefore \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

বা, $-\frac{1}{60} = \frac{1}{40} + \frac{1}{v}$

$\therefore v = -24$ cm

$\therefore m = \frac{-v}{u} = 0.6$

∴ বিম্ব এক্ষেত্রে অবাস্তব ও সোজা, কিন্তু পূর্বের তুলনায় কম খর্বিত।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ একটি যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব 1cm। এর সামনে 1.067cm দূরে 0.3cm দৈর্ঘ্যের একটি বস্তু রাখা হলে স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে বিম্ব গঠিত হয়। এর অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যে দূরত্ব 20cm। তমার চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব 25cm। মিলার চোখের স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব 28.7cm.

[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. কৌণিক বিবর্ধন কাকে বলে? ১

খ. যে প্রিজমের প্রিজম কোণ 5° তার জন্য $\delta = (\mu - 1)A$ সূত্রটি প্রযোজ্য কী না তা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. অভিনেত্র লেন্সটির ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেন্স দুটির অবস্থান বিনিময় করে ব্যবস্থাটিকে পানিতে নিমজ্জিত করে অসীম দূরের কোন লক্ষ্যবস্তুর নিকট ফোকাসিং এর জন্য উভয়েই যে বিম্ব দেখতে পাবে তার অনুপাত নির্ণয় কর। পানি ও কাঁচের প্রতিসরাংক যথাক্রমে 1.33 ও 1.5। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতিবিম্ব ও লক্ষ্যবস্তু চোখে যে কোণ উৎপন্ন করে তাদের অনুপাতকে কৌণিক বিবর্ধন বলে।

খ আমরা জানি, 6° অপেক্ষা কম প্রিজম কোণ বিশিষ্ট প্রিজমকে সরু প্রিজম বলে। সুতরাং 5° প্রিজম কোণ বিশিষ্ট প্রিজমকে সরু প্রিজম বলা যায়। তাই এক্ষেত্রে সরু প্রিজমের সমীকরণ $\delta = (\mu - 1)A$ প্রযোজ্য হয়।

গ যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্রের উভয় লেন্সই উত্তল (অভিসারী ক্ষমতার)।

∴ অভিলক্ষ্যের ফোকাস দূরত্ব, $f_0 = +1$ cm

লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব, $u_0 = 1.067$ cm

প্রথম প্রতিবিম্বের দূরত্ব v_0 হলে, $\frac{1}{u_0} + \frac{1}{v_0} = \frac{1}{f_0}$

বা, $\frac{1}{v_0} = \frac{1}{f_0} - \frac{1}{u_0}$

$$= \frac{1}{1\text{cm}} - \frac{1}{1.067\text{cm}}$$

$\therefore v_0 = 15.92$cm

অর্থাৎ অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মাঝে প্রথম প্রতিবিম্ব গঠিত হবে যা অভিনেত্রের জন্য লক্ষ্যবস্তু হিসেবে আচরণ করবে।

লক্ষ্যবস্তুর এ দূরত্ব, $u_e = 20\text{cm} - 15.92 \text{ cm} = 4.08$ cm

চূড়ান্ত প্রতিবিম্বের দূরত্ব, $v_e = -25$cm [∵ স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে অভিনেত্রের একই পাশে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।]

∴ অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব f_e হলে,

$$\frac{1}{f_e} = \frac{1}{u_e} + \frac{1}{v_e} = \frac{1}{4.08\text{cm}} + \frac{1}{-25 \text{ cm}} = 0.2051 \text{ cm}^{-1}$$

$\therefore f_e = (0.2051 \text{ cm}^{-1})^{-1} = 4.87$ cm **(Ans.)**

ঘ লেন্স দুটির অবস্থান বিনিময় করে পানিতে নিমজ্জিত করে অসীম দূরের কোনো লক্ষ্যবস্তুর নিকট ফোকাসিং করা হলে এটি নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের ন্যায় ক্রিয়া করবে। এক্ষেত্রে স্পষ্ট দর্শনের নূন্যতম দূরত্বে প্রতিবিম্ব ফোকাসিং করা হলে প্রাপ্ত বিবর্ধন,

$$m = f_0\left(\frac{1}{D}+\frac{1}{f_e}\right)$$

তমা ও মিলা উভয়ের ক্ষেত্রে f_0 এবং f_e এর মান একই। কেবল D- এর মান আলাদা। আবার অনুপাত নির্ণয় করা হলে—

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{f_0\left(\frac{1}{D_1}+\frac{1}{f_e}\right)}{f_0\left(\frac{1}{D_2}+\frac{1}{f_e}\right)} = \frac{\frac{1}{D_1}+\frac{1}{f_e}}{\frac{1}{D_2}+\frac{1}{f_e}}$$

সুতরাং f_e এর মান নির্ণয় করাই যথেষ্ট। এখানে, f_e = উদ্দীপকে বর্ণিত অভিলক্ষ্যটির পানিতে ফোকাস দূরত্ব। বায়ু ও পানিতে ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে f_a ও f_w হলে,

$$\frac{1}{f_a} = ({}_a\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) = \left(\frac{3}{2}-1\right)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

এবং, $$\frac{1}{f_w} = ({}_w\mu_g - 1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) = \left(\frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w}-1\right)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

$$= \left(\frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}}-1\right)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) = \frac{1}{8}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

$$\therefore \frac{\frac{1}{f_a}}{\frac{1}{f_w}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{8}}$$ বা, $f_w = 4f_a = 4f_0 = 4 \times 1\text{ cm} = 4\text{cm}$

তমার ক্ষেত্রে, $D_1 = 25$ cm

মিলার ক্ষেত্রে, $D_2 = 28.7$ cm

$$\therefore \text{নির্ণেয় অনুপাত} = \frac{\frac{1}{D_1}+\frac{1}{f_e}}{\frac{1}{D_2}+\frac{1}{f_e}} = \frac{\frac{1}{25\text{cm}}+\frac{1}{4\text{cm}}}{\frac{1}{28.7\text{ cm}}+\frac{1}{4\text{cm}}} = \frac{0.29\text{ cm}^{-1}}{02848\text{ cm}^{-1}} = 1.018$$

প্রশ্ন ▶৫০ একটি সমোত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 45cm। বায়ুর সাপেক্ষে লেন্সের উপাদানের এবং পানির প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 1.52 এবং 1.33। *[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]*

ক. ফার্মাটের নীতি লিখ। ১

খ. তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর রোধ কমলেও পরিবাহীর রোধ বাড়ে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লেন্সটির পৃষ্ঠদ্বয়ের বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেন্সটিকে পানির মধ্যে স্থাপন করলে এর ক্ষমতার কীরূপ পরিবর্তন লক্ষ করবে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীর সমযোজী বন্ধন ভাঙ্গাতে শুরু করে এবং যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে যায়। এ কারণে অর্ধপরিবাহীর রোধ কমে যায়।

আবার তাপমাত্রা বাড়লে অণু-পরমাণুর কম্পনের বিস্তার বেড়ে যায়। ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর সাথে এদের সংঘর্ষের হারও বেড়ে যায়। তাই পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ সমোত্তল লেন্স প্রস্তুত কারকের সূত্র :

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{-r}\right)$$

বা, $\frac{1}{f} = \frac{1\,(\mu - 1)}{r}$

বা, $r = 2(\mu - 1)f$

$= 2 \times (1.52 - 1) \times 45$ cm

$= 46.8$ cm **(Ans.)**

এখানে,
সমোত্তল লেন্সের
ফোকাস দূরত্ব, $f = 45$ cm
লেন্স উপাদানের প্রতিসরনাংক, $\mu = 1.52$
বক্রতার ব্যাসার্ধ, $r = ?$

ঘ বায়ুতে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = 45$ cm

$\therefore$ বায়ুতে লেন্সের ক্ষমতা, $P = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}(\mu - 1)$

পানিতে ফোকাস দূরত্ব, f_w হলে ক্ষমতা,

$$P_w = \frac{1}{f_w} = ({}_w\mu_g - 1)\frac{2}{r}$$

বা, $$P_w = \left(\frac{\mu}{\mu_w}-1\right)\frac{2}{r}$$

$$\frac{P_w}{P} = \frac{\frac{\mu}{\mu_w}-1}{\mu - 1} = \frac{\frac{1.52}{1.33}-1}{1.52 - 1}$$

$$= 0.27;\ \therefore \frac{P - P_w}{P} = (1 - 0.27) \times 100\%$$

$$= 72.52\%$$

অতএব, লেন্সটিকে পানিতে ডুবালে ক্ষমতা 72.52% কমে যাবে।

প্রশ্ন ▶৫১ ক্রাউন কাঁচের তৈরি একটি প্রিজমের প্রিজম কোণ 60°। লাল ও বেগুনী আলোর জন্য ক্রাউন কাঁচের প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 1.52 ও 1.54। *[মাগুড়া সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. তরঙ্গ মুখ কি? ১

খ. দূরে অবস্থিত গাছপালা ছোট দেখায় কেন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লাল আলোর জন্য ন্যূনতম বিচ্যুতি নির্ণয় করো। ৩

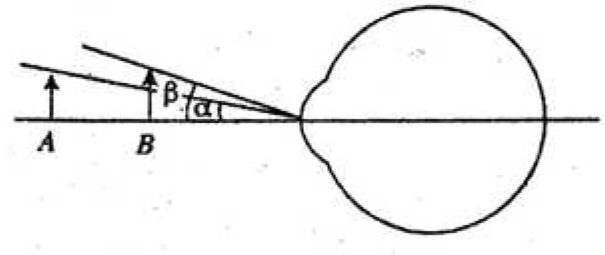
ঘ. সাদা আলো 29.6° কোণে আপতিত হলে, লাল আলো অপর পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হবে কিন্তু বেগুনী আলো নির্গত হবে না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর সঞ্চারপথকে তরঙ্গমুখ বলে।

খ কোনো বস্তুকে আমরা বড় না ছোট দেখবো তা নির্ভর করে বস্তুটি দ্বারা চোখে উৎপন্ন বীক্ষণ কোণের উপর। বীক্ষণ কোণ যত বড় হয় আমাদের কাছে বস্তুর আকৃতিও তত বড় মনে হয়। আর বীক্ষণ কোণ ছোট হলে বস্তুর আকৃতিও ছোট হয়।

চিত্রে একই বস্তুকে A এবং B অবস্থানে রেখে দেখা যাচ্ছে। B অবস্থানে বস্তুটি দ্বারা চোখে উৎপন্ন কোণ β, Aঅবস্থানের বীক্ষণ কোণ α এর চেয়ে বড় হওয়ায় বস্তুটি A অবস্থানের চেয়ে B অবস্থানে বড় দেখাবে। কেনো বস্তু আমাদের চোখ থেকে যত দূরে সরে যায় বীক্ষণ কোণও তত হ্রাস পায় বলে বস্তুটি আমাদের কাছে ছোট মনে হয়।



এ কারণে দূরে অবস্থিত গাছপালা ছোট মনে হয়।

গ দেওয়া আছে,

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

উদ্দীপক অনুসারে, প্রিজম কোণ, $A = 60°$

বের করতে হবে, প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin\frac{\delta_m + A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

বা, $\sin\frac{\delta_m + A}{2} = \mu \sin\frac{A}{2}$

বা, $\delta_m + A = 2\sin^{-1}\left(\mu \sin\frac{A}{2}\right)$

বা, $\delta_m = 2\sin^{-1}\left(\mu \sin\frac{A}{2}\right) - A$

বা, $\delta_m = 2\sin^{-1}(1.5 \times \sin 30°) - 60°$

$\therefore\ \delta_m = 37.2°$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

প্রিজম কোণ, $A = 60°$

লাল আলোর জন্য প্রিজমের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu_{mr} = 1.52$

বেগুনী আলোর জন্য প্রিজমের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu_{mv} = 1.54$

প্রিজমে সাদা আলো 29.6° কোণে আপতিত হয়।

$\therefore$ লাল ও বেগুনী উভয় আলোর প্রিজমে আপতন কোণ, $i_1 = 29.6°$

মনে করি, লাল আলোর জন্য প্রথম পৃষ্ঠের প্রতিসরণ কোণ, দ্বিতীয় পৃষ্ঠের আপতন কোণ ও নির্গমন যথাক্রমে r_1, r_2 ও i_2 এবং বেগুনী আলোর জন্য r_1', r_2' ও i_2'।

$\therefore\ \mu_{mr} = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$

বা, $1.52 = \frac{\sin 29.6°}{\sin r_1}$

$\therefore\ r_1 = 18.96°$

এবং $\mu_{mv} = \frac{\sin i_1}{\sin r_1'}$

বা, $1.54 = \frac{\sin 29.6°}{\sin r_1'}$

$\therefore\ r_1' = 18.71°$

আবার,

$A = r_1 + r_2$

$\therefore\ r_2 = A - r_1 = 60° - 18.96° = 41.04°$

অনুরূপভাবে, $r_2' = 60° - 18.71° = 41.29°$

আবার, $\mu_{mr} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$

বা, $1.52 = \frac{\sin i_2}{\sin 41.04°}$

$\therefore\ i_2 = 86.385°$

এবং $\mu_{mv} = \frac{\sin i_2'}{\sin r_2'}$

বা, $1.54 = \frac{\sin i_2'}{\sin r_2'}$

বা, $\sin i_2' = 1.016$; যা অসম্ভব।

অতএব, বেগুনী আলো অপর পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হবে না। বেগুনী আলোর দ্বিতীয় পৃষ্ঠে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ঘটবে। অপরদিকে লাল আলো অপর পৃষ্ঠ দিয়ে 86.385° কোণে নির্গত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫২ একটি উভোত্তল কাঁচ লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ দ্বিতীয় পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধের অর্ধেক। প্রথম পৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাসার্ধ 15cm। বায়ু মাধ্যমে লেন্সটির 0.6m সামনে বস্তু রাখলে লেন্সটির 0.3m দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক 4/3

[মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. সংকট কোণ কাকে বলে? ১

খ. একাধিক লেন্সের সমবায়ের তুল্য ক্ষমতা কখন শূন্য হবে? ২

গ. উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্য হতে কাঁচের প্রতিসরণাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেন্সটিকে পানিতে ডোবালে এর ফোকাস দূরত্বের কোন পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোকীয়ভাবে ঘন মাধ্যম হতে হালকা মাধ্যমে আলোর প্রতিসরণের বেলায় আপতন কোণের যে মানের জন্য প্রতিসরণ কোণ সর্বোচ্চ বা 90° হয় এবং প্রতিসরিত রশ্মি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল ঘেঁষে যায়, তাকে হালকা মাধ্যমের সাপেক্ষে ঘন মাধ্যমের সংকট কোণ বলে।

খ লেন্সের সমবায়ের ক্ষেত্রে তুল্য ক্ষমতা, $P = P_1 + P_1 + P_2 + ... = \Sigma P$; সুতরাং কয়েকটি লেন্স অভিসারী ক্ষমতাসম্পন্ন এবং অপর লেন্সগুলো অপসারী ক্ষমতাসম্পন্ন হলে এদের তুল্য ক্ষমতা নির্ণয়ে শূন্য মান পাওয়া যেতে পারে। অর্থাৎ এরূপ সমবায় শুধু একখণ্ড কাচরূপে ক্রিয়া করবে।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.5

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: পূর্বের তুলনায় 4 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ ক্রাউন কাচের তৈরি একটি প্রিজমের প্রিজম কোণ 60°। লাল ও বেগুনী আলোর জন্য ক্রাউন কাচের প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 1.52 ও 1.54।

[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]

ক. সরু প্রিজম কাকে বলে? ১

খ. আপতন কোণের সাথে বিচ্যুতি কোণ কীভাবে পরিবর্তিত হয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লাল আলোর জন্য ন্যূনতম বিচ্যুতি নির্ণয় করো। ৩

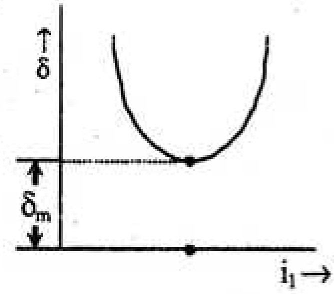
ঘ. সাদা আলো 29.6° কোণে আপতিত হলে দেখাও যে, লাল অপর পৃষ্ঠ দিয়ে নির্গত হবে কিন্তু বেগুনী আলো নির্গত হবে না। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রিজমের প্রিজম কোন 6° অপেক্ষা ছোট তাকে সরু প্রিজম বলে।

খ প্রিজমে আপতন কোণ খুব অল্পমানের হয়ে অত্যাধিক মানের বিচ্যুতি পাওয়া যায়। কিন্তু আপতন কোণের মান ক্রমশ বাড়াতে থাকলে প্রাপ্ত বিচ্যুতি কোণের মান কমতে থাকে। একসময় বিচ্যুতিকোণ সর্বনিম্ন মানে উপনীত হয়। এরপর আপতন কোণ বাড়াতে থাকলে বিচ্যুতি কোণের মান বাড়তে থাকে।

সুতরাং, প্রিজমে বিচ্যুতি কোণ বনাম আপতন কোণ লেখ নিম্নরূপ:



গ দেওয়া আছে,

প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক, $\mu = 1.5$

উদ্দীপক অনুসারে, প্রিজম কোণ, $A = 60°$

বের করতে হবে, প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin\frac{\delta_m + A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

বা, $\sin\frac{\delta_m + A}{2} = \mu \sin\frac{A}{2}$

বা, $\delta_m + A = 2\sin^{-1}\left(\mu \sin\frac{A}{2}\right)$

বা, $\delta_m = 2\sin^{-1}\left(\mu \sin\frac{A}{2}\right) - A$

বা, $\delta_m = 2\sin^{-1}(1.5 \times \sin 30°) - 60°$

$\therefore\ \delta_m = 37.2°$ **(Ans.)**

ঘ মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ একটি সরু উভাবতল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ 20cm ও 40cm। লেন্স থেকে 40cm সামনে বস্তু রাখলে 10cm দূরের বিম্ব গঠিত হয়। *[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]*

ক. যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্রে বিবর্ধনের সমীকরণটি লিখো। ১

খ. সূর্য থেকে আগত আলোর তরঙ্গামুখ সমতল হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লেন্সটির প্রতিসরাংক বের করো। ৩

ঘ. লেন্সটির প্রথম পৃষ্ঠ সমতল হলে বিম্বের অবস্থানের কী পরিবর্তন হবে? ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক $m = -\frac{v_0}{u_0}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$

খ আলোর তরঙ্গামুখ যে সবসময় গোলীয় হবে এমন কোনো কথা নেই। কোনো বিন্দু উৎস থেকে সমসত্ত্ব মাধ্যমে অল্প দূরত্বে আলোর তরঙ্গামুখ গোলীয় হবে। কিন্তু বহু দূরবর্তী কোনো উৎস থেকে আগত তরঙ্গামুখের বক্রতা এত সামান্য যে এর অংশবিশেষকে সমতল ধরা যায়। এজন্যই সূর্যের আলোর তরঙ্গামুখকে সমতল বিবেচনা করা যায়।

গ লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক থেকে,

$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

বা, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

বা, $\frac{1}{40} - \frac{1}{10} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{-2} - \frac{1}{40}\right)$

বা, $\mu = 2$ **(Ans.)**

এখানে,
ব্যাসার্ধ, $r_1 = -20cm$
ব্যাসার্ধ, $r_2 = +40cm$
বস্তুর দূরত্ব, $u = 40cm$
বিম্বের দূরত্ব, $v = -10cm$

ঘ লেন্সের প্রতিসরাঙ্ক থেকে,

$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{40}\right)$

বা, $\frac{1}{f} = (2 - 1)\left(-\frac{1}{40}\right)$

বা, $f = -40$

এখানে,
ব্যাসার্ধ, $r_1 = \infty$ cm
ব্যাসার্ধ, $r_2 = 40cm$
বস্তুর দূরত্ব, $u = 40cm$
বিম্বের দূরত্ব, $v = ?$

এখন,

$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

বা, $-\frac{1}{40} = \frac{1}{40} + \frac{1}{v}$

বা, $\frac{1}{v} = -\frac{1}{40} - \frac{1}{40}$

বা, $\frac{1}{v} = -\frac{1}{20}$

বা, $v = -20$

অতএব, লেন্সের প্রথম পৃষ্ঠটি সমতল হলে বিম্ব লেন্সের সামনে পূর্বের অবস্থানের $\frac{20}{10} = 2$ গুণ দূরে গঠিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ একটি সমবাহু প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক $\sqrt{2}$। *[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]*

ক. সমবর্তনের ক্ষেত্রে ব্রুস্টারের সূত্র কী? ১

খ. আলোক তরঙ্গের সমবর্তন হয় কিন্তু শব্দ তরঙ্গের সমবর্তন হয় না কেন? ২

গ. উদ্দীপকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রিজম সরু হলে বিচ্যুতি কোণ ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের সমান হবে কি? -যাচাই করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমবর্তনের ক্ষেত্রে ব্রুস্টারের সূত্রটি হলো— কোনো স্বচ্ছ মাধ্যমের তলে আলোকরশ্মি যদি এমনভাবে আপতিত হয় যাতে প্রতিফলিত ও প্রতিসরিত রশ্মিদ্বয়ের মধ্যকার কোণ 90° হয় তবে সর্বাধিক সমবর্তন ঘটে।

খ আলোক তরঙ্গ অনুপ্রস্থ তরঙ্গ। মাধ্যমের মধ্য দিয়ে তড়িৎক্ষেত্র ও চৌম্বকক্ষেত্রের কম্পন তলের লম্ব বরাবর আলোক তরঙ্গ বিস্তার লাভ করে। তাই আলোক তরঙ্গের তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্রের কম্পন একটি বিশেষ তলে বা রেখায় সীমাবদ্ধ রেখে আলোর সমবর্তন ঘটানো সম্ভব। কিন্তু শব্দ তরঙ্গ যান্ত্রিক অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। অনুপ্রস্থ তরঙ্গ সৃষ্টিকারী কণাগুলোর কম্পন ও তরঙ্গের অভিমুখ একই। তাই অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গাস্থিত কণাগুলোর যেকোন একটি রেখা বা তলে কম্পন বাধাগ্রস্থ হলে ঐ দিক বরাবর তরঙ্গ আর অগ্রসরই হবে না। তাই শব্দ তরঙ্গের সমবর্তন সম্ভব নয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 30°

ঘ আমরা জানি, 6° অপেক্ষা কম প্রিজম কোণ বিশিষ্ট প্রিজমে সরু বা পাতলা প্রিজম বলে। সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে আপতন কোণ (i_1) অতি ক্ষুদ্র হলে, রশ্মির বিচ্যুতি (δ) ধ্রুব হয়। অর্থাৎ, বিচ্যুতি আপতন কোণের মানের ওপর নির্ভর করে না।

এটি শুধুমাত্র A ও μ এর ওপর নির্ভর করে। নিচে বিষয়টি প্রমাণ করা হলো।

i_1 ক্ষুদ্রহলে r_1, r_2 ও i_2 ক্ষুদ্র হবে

[$r_1 + r_2 = A$; $\therefore r_2 = A - r_1$; A ও r_1 ক্ষুদ্রহলে r_2 ক্ষুদ্র হবে।]

ফলে, এ কোণগুলোর sine অনুপাতের মান কোণগুলোর প্রায় সমান হবে।

($\because \theta$ ক্ষুদ্র হলে, $\sin\theta \approx \theta$ যখন θ রেডিয়ানে পরিমাপ করা হয়)

আমরা জানি, $\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{i_1}{r_1}$ বা, $i_1 = \mu r_1$

আবার, $\mu = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{i_2}{r_2}$ বা, $i_2 = \mu r_2$

এখন, $\delta = i_1 + i_2 - A = \mu r_1 + \mu r_2 - A = \mu(r_1 + r_2) - A$

$= \mu A - A$ [$\because A = (r_1 + r_2)$]

$\therefore \delta = A(\mu - 1)$

$= 6°(\sqrt{2} - 1)$ [সরু প্রিজমের জন্য A = 6° ধরি]

$= 2.485°$

6° হলো A-এর জন্য সম্ভাব্য সর্বোচ্চ মান।

সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে বিচ্যুতির মান 2.485° বা এর চেয়ে কম। অথচ উদ্দীপকের সমবাহু প্রিজমের জন্য ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের মান ছিল 30°। সুতরাং, উদ্দীপকের প্রিজম সরু হলে বিচ্যুতি কোণ উদ্দীপকের সমবাহু প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ আরিবা 20cm ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট একটি অবতল দর্পণের সামনে একটি বস্তু রেখে বস্তুর আকারের চারগুণ বিবর্ধিত বাস্তব প্রতিবিম্ব পেল। পরবর্তীতে সে উত্তল দর্পণ ব্যবহার করে পরীক্ষাটি পুনরায় করে দেখল যে, বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় না। *[ভাওয়াল বদরে আলম সরকারি কলেজ, গাজীপুর]*

ক. ফার্মাটের নীতি লিখ। ১

খ. প্রিজমে বর্ণালি সৃষ্টির কারণ লিখ। ২

গ. দর্পণের মেরু হতে বস্তুর দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আরিবার পর্যবেক্ষণের সত্যতা যাচাই করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ আলোক রশ্মি যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম হতে অপর স্বচ্ছ মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতলে আলোকরশ্মি বেঁকে যায়। এই বাঁকার পরিমাণ মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি ও আলোর রঙের উপর নির্ভর করে। সূর্যের সাদা আলো সাতটি রঙের সমন্বয়ে সৃষ্টি। তাই সূর্যের সাদা আলো যখন কোনো প্রিজমের মধ্যে প্রবেশ করে তখন প্রতিসরণের ফলে রশ্মির গতিপথ বেঁকে যায়। শূন্য মাধ্যমে সকল বর্ণের আলোর বেগ সমান হলেও অন্য যেকোন মাধ্যমে এক এক বর্ণের আলোর বেগ এক এক রকম হয়। এ কারণে একই মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন রঙের আলোর জন্য ভিন্ন ভিন্ন হয়। প্রতিসরাঙ্কের ভিন্নতার কারণে ভিন্ন ভিন্ন রঙের আলোর বাঁকার পরিমাণও ভিন্ন ভিন্ন হয়। ফলে প্রিজমের মধ্যে সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিশ্লিষ্ট হয় এবং এই বিশ্লিষ্ট অবস্থাতেই প্রিজম হতে নির্গত হয়। ফলে আমরা বর্ণালী দেখতে পাই। সুতরাং বলা যায়, বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের ভিন্নতার জন্য বর্ণালী সৃষ্টি হয়।

গ দেওয়া আছে,
অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব, $f = +20\text{cm}$
চারগুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্বের জন্য, $m = -4$
[বাস্তব প্রতিবিম্ব উল্টা হয় বলে m ঋণাত্মক]
এখন বস্তুর দূরত্ব = u এবং প্রতিবিম্বের দূরত্ব v হলে–

$\therefore m = \frac{-v}{u} = -4$ বা, $v = 4u$

আমরা জানি, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ বা, $\frac{1}{4u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

বা, $\frac{5}{4u} = \frac{1}{f}$

$\therefore u = \frac{5}{4}f = 1.25 \times 20\text{cm} = 25\text{cm}$

সুতরাং দর্পণের মেরু হতে বস্তুর দূরত্ব 25cm। **(Ans.)**

ঘ প্রশ্নমতে, আরিবা 20cm ফোকাস দূরত্ব বিশিষ্ট উত্তল দর্পণ হতে 25cm দূরত্বে লক্ষ্যবস্তু রাখলো।
এখানে, $u = 25\text{cm}$
এবং $f = -20\text{cm}$ (উত্তল দর্পণ অপসারী ক্ষমতাসম্পন্ন হওয়ায় এর ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক)

$\therefore$ প্রতিবিম্বের দূরত্ব v হলে, $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

বা, $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{25} = -\frac{5+4}{100} = -\frac{9}{100}$

$\therefore v = -\frac{100}{9}\text{ cm}$

$\therefore$ এক্ষেত্রে বিবর্ধন, $m = -\frac{v}{u} = -\frac{-\frac{100}{9}\text{cm}}{25\text{cm}} = +\frac{4}{9} < 1$

সুতরাং উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া যায় না। অর্থাৎ আরিবার পর্যবেক্ষণটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶৫৭ চুয়াডাঙ্গা সরকারি কলেজের দ্বাদশ শ্রেণীর ছাত্র রাসেল $\sqrt{2}$ প্রতিসরাঙ্কের এবং 30° প্রিজম কোণ বিশিষ্ট একটি কাঁচ প্রিজম নিয়ে পরীক্ষা করছিল। প্রিজমটির ২য় পৃষ্ঠ সিলভারিং করে সে পরীক্ষা করে দেখল প্রথম পৃষ্ঠে আলোক রশ্মির 45° আপতন কোণের জন্য পুনরায় একই সাথে প্রত্যাবর্তন করে। *[চুয়াডাঙ্গা সরকারি কলেজ, চুয়াডাঙ্গা]*

ক. ফোকাস দূরত্ব কী? ১
খ. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গে সমাবর্তন ঘটে না– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের প্রিজমটির ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে রাসেলের পর্যবেক্ষণটি গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। ফোকাস দূরত্বকে f দ্বারা সূচিত করা হয়।

খ অনুপ্রস্থ তরঙ্গের প্রবাহের দিকের উলম্ব তলে কম্পন যেকোন রেখায় হতে পারে। কিন্তু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গে কম্পন তরঙ্গ প্রবাহের দিক বরাবরই হয়। যেহেতু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সৃষ্টি হয় নিরবচ্ছিন্ন জড় মাধ্যমে। সেহেতু কোন নির্দিষ্ট দিকে এই কম্পন তথা প্রবাহ সীমাবদ্ধ রাখাও সম্ভব নয়। তাই অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সমাবর্তন ঘটে না।

গ দেওয়া আছে,
প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = \sqrt{2}$
প্রিজম কোণ, $A = 30°$
বের করতে হবে, ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = ?$
আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\sin\frac{A+\delta_m}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

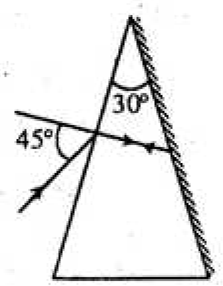
বা, $\sin\frac{A+\delta_m}{2} = \mu \sin\frac{A}{2} = \sqrt{2}\sin\frac{30°}{2} = \sqrt{2}\sin 15°$

বা, $\frac{A+\delta_m}{2} = \sin^{-1}(\sqrt{2}\sin 15°) = 21.47°$

বা, $A + \delta_m = 2 \times 27.47° = 42.94°$

বা, $\delta_m = 42.94° - 30° = 12.94°$ **(Ans.)**

ঘ



দেওয়া আছে, প্রিজম কোণ $A = 30°$
প্রথম পৃষ্ঠে আপতন কোণ, $i_1 = 45°$
এবং প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = \sqrt{2}$

তাহলে, $\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$ [r_1 = প্রথম পৃষ্ঠে প্রতিসরণ কোণ]

বা, $\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{\mu} = \frac{\sin 45°}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$

বা, $r_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) = 30°$

আবার, দ্বিতীয় পৃষ্ঠে আপতন কোণ r_2 হলে, $A = r_1 + r_2$

বা, $r_2 = A - r_1 = 30° - 30° = 0°$

অতএব, দ্বিতীয় পৃষ্ঠে আলোর আপতন কোণ 0° হওয়ায় আলোক রশ্মি দ্বিতীয় পৃষ্ঠে লম্বভাবে আপতিত হবে। দ্বিতীয় পৃষ্ঠে সিলভারিং করা থাকায় তা প্রতিফলিত হয়ে লম্বভাবেই ফেরত আসবে। ফলে প্রথম পৃষ্ঠে নতুন আপতন কোণ হবে, $r' = 30°$

∴ প্রথম পৃষ্ঠ থেকে নির্গমন কোণ = i' হলে,

$$\mu = \frac{\sin i'}{\sin r'}$$

$$\Rightarrow \sqrt{2} = \frac{\sin i'}{\sin 30}$$

$$\therefore\ i' = 45°$$

অর্থাৎ আলোক রশ্মিটি একই সাথে প্রত্যাবর্তন করে।
অতএব, রাসেলের পর্যবেক্ষণটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ নাহিদ একটি কাঁচ প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ 30° এবং প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ পেল। জাহিদ $\sqrt{3}$ প্রতিসরাঙ্কের অপর একটি প্রিজমে একটি আলোক রশ্মির নির্গমন কোণ প্রিজম কোণের সমান কিন্তু ঐ তলের আপতন কোণের দ্বিগুণ পেল।

[সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা]

ক. লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কাকে বলে? ১
খ. কীভাবে লেন্স সনাক্ত করা যায় ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের নাহিদের প্রিজমের প্রিজম কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের জাহিদের প্রিজমটি সমবাহু প্রিজম হতে পারে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তা যাচাই করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। ফোকাস দূরত্বকে f দ্বারা সূচিত করা হয়।

খ একটি বস্তু নিয়ে এর খুব নিকটে পরীক্ষণীয় লেন্সটি ধরলে যদি প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সিধা এবং আকারে বস্তুর চেয়ে বড় হয় তবে লেন্সটি উত্তল হবে। আর যদি প্রতিবিম্ব আকারে ছোট হয়, লেন্সটি অবতল হবে।

গ দেওয়া আছে,
নাহিদের প্রিজমের ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ, $\delta_m = 30°$
প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = \sqrt{2}$
বের করতে হবে, প্রিজম কোণ, A = ?

আমরা জানি, $\mu = \dfrac{\sin\dfrac{A+\delta_m}{2}}{\sin\dfrac{A}{2}}$

বা, $\sqrt{2} = \dfrac{\sin\dfrac{A+30°}{2}}{\sin\dfrac{A}{2}} = \dfrac{\sin\left(\dfrac{A}{2}+15°\right)}{\sin\dfrac{A}{2}}$

$= \dfrac{\sin\dfrac{A}{2}\cos 15° + \cos\dfrac{A}{2}\sin 15°}{\sin\dfrac{A}{2}}$

$= \cos 15° + \cot\dfrac{A}{2}\sin 15°$

বা, $\left(\cot\dfrac{A}{2}\right)(\sin 15°) = \sqrt{2} - \cos 15° = 0.4483$

বা, $\cot\dfrac{A}{2} = \dfrac{0.4483}{\sin 15°} = 1.732 = \cot 30°$

বা, $\dfrac{A}{2} = 30°$ ∴ $A = 60°$ **(Ans.)**

ঘ প্রিজম কোণ A, নির্গমন কোণ i_2 এবং সংশ্লিষ্ট তলে আপতন r_2 হলে প্রদত্ত শর্তমতে,
$i_2 = A$ এবং $i_2 = 2r_2$
$\therefore r_2 = \dfrac{i_2}{2} = \dfrac{A}{2}$

∴ প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক, $\mu = \dfrac{\sin i_2}{\sin r_2}$

বা, $\sqrt{3} = \dfrac{\sin A}{\sin\dfrac{A}{2}} = \dfrac{2\sin\dfrac{A}{2}\cos\dfrac{A}{2}}{\sin\dfrac{A}{2}} = 2\cos\dfrac{A}{2}$

বা, $\cos\dfrac{A}{2} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ বা, $\dfrac{A}{2} = \cos^{-1}\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}\right) = 30°$

$\therefore A = 2 \times 30° = 60°$

এখন যদি প্রিজম কোণ সংলগ্ন বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্য সমান হয়, তবে অপর কোণদ্বয়ও পরিমাপে সমান হবে। এদের প্রত্যেকের মান θ হলে,
$A + 2\theta = 180°$ বা, $2\theta = 180° - 60° = 120°$
$\therefore \theta = 60°$
সুতরাং এক্ষেত্রে জাহিদের প্রিজমটি সমবাহু প্রিজম হবে, অন্যথায় প্রিজমটি সমবাহু হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ Optical Vission Company +7D এবং –3D ক্ষমতাসম্পন্ন দুটি লেন্সকে সমন্বয় করে একটি নতুন লেন্স বাজারজাত করল। তারা পর্যবেক্ষণ করলেন যে, নতুন লেন্সে বাস্তব ও অবাস্তব উভয় ধরনের বিম্ব সৃষ্টি হয়।

[সিলেট সরকারি মহিলা কলেজ, সিলেট]

ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১
খ. আলোর প্রধান ফোকাস ও গৌণ ফোকাসের মধ্যে পার্থক্য লিখ। ২
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত নতুন লেন্স হতে কত দূরে বস্তু রাখলে অর্ধেক আকারের বাস্তব বিম্ব সৃষ্টি হবে। ৩
ঘ. নতুন লেন্স হতে বস্তুর অবস্থান কীরূপ পরিবর্তন করলে দ্বিগুণ আকারের অবাস্তব বিম্ব সৃষ্টি হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ প্রধান ফোকাস ও গৌণ ফোকাসের পার্থক্য নিম্নরূপ—

প্রধান ফোকাস	গৌণ ফোকাস
১. কোনো গোলীয় দর্পণে বা লেন্সে আপতিত প্রধান অক্ষের নিকটবর্তী সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলন বা প্রতিসরনের পর যে বিন্দুতে মিলিত হয় (অবতল দর্পণ বা উত্তল লেন্সে) বা যে বিন্দু হতে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় (উত্তল দর্পণ বা অবতল লেন্সে) তাকে ঐ দর্পণের প্রধান ফোকাস বলে।	১. পরস্পর সমান্তরালরশ্মিগুচ্ছ যখন কোনো গোলীয় দর্পণ বা লেন্সের প্রধান অক্ষের সাথে সামান্য আনতভাবে আপতিত হয়, তখন প্রতিফলন বা প্রতিসরণের পর ফোকাস তলের উপরস্থ একটি বিন্দুতে ছেদ করে (অবতল দর্পণ বা উত্তল লেন্সে) বা একটি বিন্দু হতে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় (উত্তল দর্পণ বা অবতল লেন্সে), একে গৌণ ফোকাস বলে।
২. কোনো গোলীয় দর্পণ বা লেন্সে প্রধান ফোকাস প্রধান অক্ষের উপর হয়।	২. আপতিত রশ্মির আপতন কোণের উপর নির্ভর করে গৌণ। ফোকাস তলের যে কোনো স্থানে হতে পারে।
৩. প্রধান ফোকাস কেবল দুইটি।	৩. গৌণ ফোকাস অসংখ্য।

গ সংযুক্ত লেন্সের ফোকাস দূরত্ব F হলে,

$\dfrac{1}{F} = \dfrac{1}{f_1} + \dfrac{1}{f_2}$
$= P_1 + P_2$
$= 7 - 3$
$= +4$

এখানে,
১ম লেন্সের ক্ষমতা, $P_1 = 7D$
২য় লেন্সের ক্ষমতা, $P_2 = -3D$

$\therefore F = +\frac{1}{4}$
$= +0.25$ m
$= +25$ cm

∴ এটি একটি উত্তল লেন্স।

এখন, ধরি লেন্স হতে u দূরত্বে কোনো বস্তু রাখলে v দূরত্বে ঐ বস্তুর অর্ধেক আকারের বিম্ব তৈরি হয়।

$\therefore |m| = \frac{v}{u}$

বা, $\frac{1}{2} = \frac{v}{u}$

বা, $u = 2v$

বা, $v = \frac{u}{2}$

$\therefore \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{\frac{u}{2}} = \frac{1}{u} + \frac{2}{u}$

বা, $\frac{1}{f} = \frac{3}{u}$

$\therefore u = 3f$
$= 3 \times 25$
$= 75$ cm **(Ans.)**

ঘ লেন্স হতে u দূরত্বে লক্ষ্যবস্তু রাখলে যদি v দূরত্বে দ্বিগুণ আকারের অবাস্তব বিম্ব তৈরি হয়।

$\therefore m = \frac{v}{u}$

বা, $-2 = \frac{v}{u}$

$\therefore v = -2u$

$\therefore \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$
$= \frac{1}{u} + \frac{1}{-2u}$
$= \frac{1}{2u}$

'গ' হতে ফোকাস দূরত্ব, f = 25 cm

$\therefore u = \frac{f}{2}$
$= \frac{25}{2}$
$= 12.5$ cm

অর্থাৎ, লেন্স হতে দূরত্ব পূর্বের 75 cm হতে পরিবর্তন করে 12.5 cm করলে দ্বিগুণ আকারের অবাস্তব বিম্ব তৈরি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬০ জীববিজ্ঞান ল্যাবে ব্যবহৃত অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব যথাক্রমে 2 সে.মি. ও 5 সে.মি.। নলের দৈর্ঘ্য 25 সে.মি.। *[পিরোজপুর সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. বিচ্ছুরণ ক্ষমতা কাকে বলে? ১
খ. লক্ষ্যবস্তু লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে থাকলে বিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক থেকে কোথায় স্লাইড রাখলে স্পষ্ট দূরত্বে বিম্ব গঠিত হবে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উক্ত লেন্স দ্বারা দূরবীক্ষণ যন্ত্র গঠন করলে বিবর্ধনের পরিবর্তন হবে কী? গাণিতিকভাবে তুলনা করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুই প্রান্তীয় বর্ণ তথা বেগুনি ও লাল বর্ণের কৌণিক বিচ্ছুরণ ও এদের মধ্যম বর্ণের বিচ্যুতির অনুপাতকে বিচ্ছুরণ ক্ষমতা বলে।

খ উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে—
লক্ষ্যবস্তু লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে থাকলে বিম্ব, লক্ষ্যবস্তু যেদিকে সেদিকে লক্ষ্যবস্তুর পিছনে অবস্থিত হবে। বিম্বের প্রকৃতি অবাস্তব ও সোজা, আকৃতি বিবর্ধিত।

অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে—
লক্ষ্যবস্তু লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে থাকলে বিম্ব লেন্স ও বস্তুর মাঝে অবস্থিত হবে। বিম্ব অবাস্তব, সোজা ও খর্বিত।

গ স্পষ্ট দূরত্বে গঠিত বিম্ব হবে অবাস্তব, অভিনেত্র থেকে 25cm দূরে।
এখানে,
অভিলক্ষের ফোকাস, $f_0 = 2$cm
অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্ব, $f_e = 5$cm
নলের দৈর্ঘ্য, L = 25cm
চূড়ান্ত অবাস্তব বিম্বের দূরত্ব, $v_2 = -25$cm
বস্তুর অবস্থান, $u_1 = ?$

এখন, অভিনেত্রের জন্য

$\frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} = \frac{1}{f_e}$

$\therefore \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f_e} - \frac{1}{v_2} = \frac{1}{5} - \frac{1}{-25}$ [∵ বিম্বকে 25cm এ গঠন করতে হবে তাই, $v_2 = -25$cm]

$\therefore u_2 = 4.17$cm

$\therefore v_1 = L - u_2 = 25 - 4.17$
$= 20.83$cm

এখন, অভিলক্ষ্যের জন্য

$\frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_0}$

$\therefore \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f_0} - \frac{1}{v_1} = \frac{1}{2} - \frac{1}{20.83}$

$\therefore u_1 = 2.21$cm

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা,

$|M_m| = \left(1 - \frac{v_1}{f_0}\right)\left(1 - \frac{v_2}{f_e}\right)$
$= \left(1 - \frac{20.833}{2}\right)\left(1 - \frac{-25}{5}\right)$
$= 56.5$

এখানে, v_1 এর মান 'গ' হতে প্রাপ্ত।

এখন এই লেন্স দিয়ে দূরবীক্ষণ যন্ত্র বানালে, দূরবীক্ষণযন্ত্রের অভিলক্ষ হবে 5cm ও অভিনেত্র হবে 2cm।

স্বাভাবিক দর্শন ফোকাসিং এর জন্য, দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা হবে, $M_{T_1} = \frac{f_0}{f_e}$
$= \frac{5}{2} = 2.5$

নিকট দর্শন ফোকাসিং এর জন্য, দূরবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন ক্ষমতা হবে,

$M_{T_2} = \frac{f_0}{fe}\left(1 + \frac{fe}{D}\right)$
$= \frac{5}{2}\left(1 + \frac{2}{25}\right)$
$= 2.7$

সুতরাং, উপরিউক্ত আলোচনার প্রেক্ষিতে বলা যায়, উক্ত লেন্স দিয়ে দূরবীক্ষণ যন্ত্র গঠন করলে বিবর্ধন ক্ষমতা অত্যধিক হ্রাস পাবে।

ষষ্ঠ অধ্যায় : জ্যামিতিক আলোকবিজ্ঞান

১৮৭. ফার্মাটের নীতির সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় আলোর— [সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম] (জ্ঞান)
ⓚ সরলরৈখিক গতি ⓚ অপবর্তন
ⓖ ব্যতিচার ধর্ম ⓖ প্রতিফলন — ঘ

১৮৮. নিচের কোনটি আলোর প্রতিফলনের ২য় সূত্রের গাণিতিক রূপ? (জ্ঞান)
ক $i = r$ খ $i > r$
গ $i < r$ ঘ $\frac{i}{r}$ — ক

১৮৯. কোন পথে গমনকারী আলোক রশ্মি প্রতিফলনের পর যে পথে আসে সে পথেই ফিরে যায়? (জ্ঞান)
ক প্রধান অক্ষের সমান্তরালে
খ প্রধান ফোকাস বরাবর
গ ফোকাস তলের সমান্তরাল
ঘ বক্রতার ব্যাসার্ধ বরাবর — ঘ

১৯০. কোন সম্পর্কটি সঠিক? (জ্ঞান)
ক $\mu_1 r = \mu_2 i$ খ $\mu_1 i = \mu_2 r$
গ $\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{i}{r}$ ঘ $\mu_1\mu_2 = ir$ — খ

১৯১. ন্যূনতম বিচ্যুতির ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক? [অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল] (জ্ঞান)
ক $i_2 = \frac{A + \delta_m}{2}$ খ $i_1 = \frac{A + \delta_m}{2}$
গ $i_1 = r_1$ ঘ $i_2 = r_2$ — ক

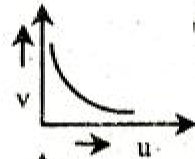
১৯২. কে জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্র আবিষ্কার করেন? [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক কেপলার খ নিউটন
গ আর্কিমিডিস ঘ গ্যালিলিও — ঘ

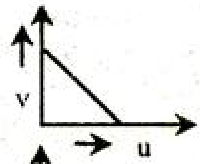
১৯৩. লেন্সের ক্ষমতার মাত্রা কোনটি? [সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর] (জ্ঞান)
ক ML^2T^{-3} খ L^{-1}
গ L^1 ঘ F^{-1} — খ

১৯৪. হীরকের প্রতিসরাঙ্ক 2.4 হলে হীরকে আলোর বেগ কত? [ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী] (প্রয়োগ)
ক $1.55 \times 10^8 ms^{-1}$ খ $1.5 \times 10^8 ms^{-1}$
গ $1.2 \times 10^8 ms^{-1}$ ঘ $1.25 \times 10^8 ms^{-1}$ — ঘ

১৯৫. একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 0.2m। পানিতে এর ফোকাস দূরত্ব কত? (কাচ ও পানির পরম প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ ও $\frac{4}{3}$) (অনুধাবন)
ক 0.8 m খ 0.4 m
গ 0.7 m ঘ 0.5m — ক

১৯৬. নিচের কোনটি লেন্স প্রস্তুতকারক সমীকরণ? (জ্ঞান)
ক $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$
খ $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$
গ $\frac{\mu}{v} + \frac{i}{\mu} = \frac{\mu - 1}{r}$ ঘ $m = \frac{v}{u}\left(1 - \frac{D}{f}\right)$ — খ

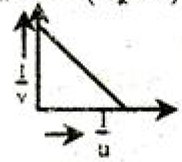
১৯৭. নিচের কোনটি একটি উত্তল লেন্সের জন্য u ~ v লেখচিত্র নির্দেশ করে। (অনুধাবন)
ক 

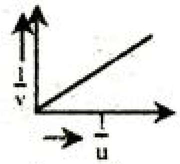
খ 

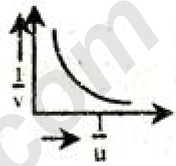
গ 

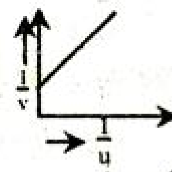
ঘ 

— ক

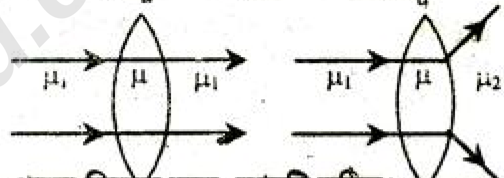
১৯৮. উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ লেখচিত্র কোনটি— (অনুধাবন)
ক 

খ 

গ 

ঘ 

— ক

১৯৯. 

ওপরের চিত্রদ্বয় হতে কোনটি সঠিক? (অনুধাবন)
ক $\mu < \mu_1$ খ $\mu < \mu_2$
গ $\mu = \mu_1$ ঘ $\mu = \mu_2$ — খ

২০০. লেন্সের ক্ষেত্রে u, v এবং f এর মধ্যে সম্পর্ক— (অনুধাবন)
i. $f = \frac{u + v}{uv}$ ii. $f = \frac{uv}{u + v}$
iii. $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii — গ

২০১. পয়েন্টিং ভেক্টর $\vec{S}$ হলো— (জ্ঞান)
ক $\vec{E} \times \vec{H}$ খ $\vec{H} \times \vec{E}$
গ $\vec{E} . \vec{H}$ ঘ $\vec{H} . \vec{E}$ — ক

২০২. একটি সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে ব্যবহৃত উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 0.1m হলে, ঐ যন্ত্রের বিবর্ধন— (প্রয়োগ)
ক 0.4 খ 1.4
গ 2.5 ঘ 3.5 — ঘ

২০৩. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে কোনটি ব্যবহৃত হয়? (জ্ঞান)
ক অবতল লেন্স খ উত্তল ও অবতল লেন্স
গ উত্তল লেন্স ঘ চোঙাকৃতি লেন্স — গ

২০৪. একটি প্রিজমে কয়টি ত্রিভুজাকার তল থাকে? (জ্ঞান)

ক) ২ খ) ৩
গ) ৪ ঘ) ৫ — ক

২০৫. একটি সমবাহু প্রিজমের প্রতিসরাংক $\sqrt{2}$ হলে এর ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কত? [সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর] (প্রয়োগ)

ক) 15° খ) 30°
গ) 45° ঘ) 60° — খ

২০৬. গোলীয় পৃষ্ঠে আলোকরশ্মি গমনের সময় অনুসরণ করে— (অনুধাবন)

i. দীর্ঘতম পথ ii. ক্ষুদ্রতম পথ
iii. মাঝামাঝি পথ

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — ক

২০৭. প্রতিসরাঙ্কের মান নির্ভর করে— (অনুধাবন)

i. আপতন কোণের ওপর
ii. স্বচ্ছ মাধ্যম দুটির প্রকৃতির ওপর
iii. আলোক রশ্মির বর্ণের ওপর

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — গ

২০৮. বাস্তব প্রতিবিম্ব গঠিত হয়— (অনুধাবন)

i. অবতল দর্পণে ii. উত্তল দর্পণে
iii. উত্তল লেন্সে

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — খ

২০৯. প্রতিবিম্বের দূরত্ব v— (প্রয়োগ)

i. ধনাত্মক হলে প্রতিবিম্ব বাস্তব ও উল্টা হয়
ii. ঋণাত্মক হলে প্রতিবিম্ব অবাস্তব এবং সোজা হয়
iii. ধনাত্মক হলে প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — ক

২১০. ${}_a\mu_b < 1$ হলে — (উচ্চতর দক্ষতা)

i. $\frac{\sin i}{\sin r} > 1$ ii. $i > r$
iii. ${}_b\mu_a > 1$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — ঘ

২১১. প্রতিসারক দূরবীক্ষণ যন্ত্রে অভিলক্ষ্য হিসেবে বড়— (অনুধাবন)

i. উন্মেষের লেন্স ব্যবহার করা হয়
ii. ফোকাস দূরত্বের লেন্স থাকে
iii. উন্মেষের উত্তল দর্পণ ব্যবহার করা হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — ক

২১২. প্রিজমে— (অনুধাবন)

i. তিনটি আয়তাকার সমতল পৃষ্ঠ থাকে
ii. দুটি ত্রিভুজাকার সমতল পৃষ্ঠ থাকে
iii. প্রতিসারক পৃষ্ঠ দুটি থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — ক

২১৩. বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক বেশি। তাই— (অনুধাবন)

i. বায়ু হতে কাচে প্রবেশের সময় যে কোনো রশ্মি অভিলম্বের নিকটবর্তী হয়
ii. কাচ হতে বায়ুতে প্রবেশের সময় রশ্মি অভিলম্ব হতে দূরে সরে যাবে
iii. বায়ু অপেক্ষা কাচে আলোর বেগ বেশি

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — ক

২১৪. প্রিজমে— (অনুধাবন)

i. লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেগুনি আলোর তুলনায় বেশি
ii. লাল আলো অপেক্ষা নীল আলোর বিচ্যুতি বেশি হয়
iii. বেগুনি আলো অপেক্ষা হলুদ আলোর বিচ্যুতি বেশি হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i ও ii খ) i ও iii
গ) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii — ক

উদ্দীপকটি পড় এবং ২১৫ ও ২১৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

একজন হস্তরেখাবিদ হাতের রেখা পরীক্ষা করার জন্য যে লেন্সটি ব্যবহার করেন তাঁর ফোকাস দূরত্ব 12.5cm। তিনি এক লোকের হাতের রেখা দেখার জন্য হাতটি যন্ত্র হতে একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব রাখলেন এবং স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্বে বিবর্ধিত বিম্ব পেলেন।

২১৫. হস্তরেখাবিদ যন্ত্রটির সাহায্যে কতগুণ বিবর্ধিত বিম্ব পেয়েছিলেন? (প্রয়োগ)

ক) 0.5 খ) 1.5
গ) 2 ঘ) 3 — ঘ

২১৬. উক্ত যন্ত্রটির সাহায্যে পূর্বের অবস্থানে 2.5 গুণ বিবর্ধিত বিম্ব পেতে হলে লেন্সটিকে পূর্বের অবস্থান থেকে কত দূরে সরাতে হবে? (প্রয়োগ)

ক) 2.5 খ) 6.25
গ) 16.66 ঘ) 20 cm — খ

অধ্যায়-৭: ভৌত আলোকবিজ্ঞান

প্রশ্ন ▶ ১ দ্বি-চির পরীক্ষায় 0.4 mm ব্যবধানে দুটো চির স্থাপন করে 5000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলো দ্বারা আলোকিত করা হচ্ছে। এতে চির থেকে 1m দূরে স্থাপিত পর্দায় পর্যায়ক্রমিক উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি হলো। *[রা. বো. ২০১৬]*

ক. চক্ষুর উপযোজনী ক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. স্বাভাবিক দর্শনের ক্ষেত্রে একটি নভো দূরবীক্ষণ যন্ত্রের নলের দৈর্ঘ্য 22cm দ্বারা কী বুঝায়? ২

গ. পর্যবেক্ষণে সৃষ্ট ডোরাগুলোর পর পর দুটো উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব বের কর। ৩

ঘ. চিরদ্বয়ের একটি বন্ধ করে দিলে পর্দার ডোরার কীরূপ পরিবর্তন লক্ষ করা যাবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

১নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার ক্ষমতাকে চক্ষুর উপযোজনী ক্ষমতা বলে।

খ নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের নলের দৈর্ঘ্য বলতে এর অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব বুঝায়। স্বাভাবিক দর্শনের ক্ষেত্রে এই দূরত্ব অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের ফোকাস দূরত্বের যোগফলের সমান। অর্থাৎ স্বাভাবিক দর্শনের ক্ষেত্রে কোন নভোদূরবীক্ষণ যন্ত্রের নলের দৈর্ঘ্য 22cm দ্বারা বুঝানো হয় যে এর অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব তথা এদের ফোকাস দূরত্বের যোগফল 22cm।

গ এখানে,
চির দুইটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.4mm = 0.4 \times 10^{-3}$ m
আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5000$ Å $= 5000 \times 10^{-10}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m
পর পর দুইটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব, $\Delta x = ?$
আমরা জানি,

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{5000 \times 10^{-10} \times 1}{0.4 \times 10^{-3}} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ চিরদ্বয়ের যেকোন একটি বন্ধ করে দিলে তখন ব্যতিচার ঘটবে না বরং চিরটি একটি একক আলোক উৎসের মত কাজ করবে। এই আলো উৎসের ব্যাস $2r \leq \lambda$। আবার অপবর্তনের জন্য অবমের শর্ত হলো $a \sin\theta = n\lambda$; চিরটিকে অপবর্তন চির হিসেবে ব্যবহার করলে, $a = 2r$.
$\therefore 2r \sin\theta = n\lambda$; প্রথম অবমের জন্য
বা, $2r \sin\theta = \lambda$
$\therefore \lambda \leq 2r_1$
কিন্তু ব্যতিচার চিরের জন্য $\lambda \geq 2r$।
অতএব এক্ষেত্রে অপবর্তনও সম্ভব নয়। বরং চিরটি একটি বিন্দু উৎসের ন্যায় পর্দার প্রত্যেকটি বিন্দুতে সমান তীব্রতার আলোক শক্তি সরবরাহ করে।

প্রশ্ন ▶ ২ প্রতি মিটারে 6×10^5 সংখ্যক রেখাসম্পন্ন কোনো অপবর্তন গ্রেটিং এর মধ্য দিয়ে 450 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো কোনো ফিল্টারের সাহায্যে লম্বভাবে আপতিত করা হল। *[রা. বো. ২০১৬]*

ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কাকে বলে? ১

খ. কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলার সময় তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ২

গ. 450 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর প্রথম ক্রমের অপবর্তন কোণ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে চতুর্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব কিনা — বিশ্লেষণ কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর চার্জের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবল 1.6×10^{-19}C এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ তড়িৎ প্রবাহের ফলে তড়িৎ বর্তনীতে যে তাপের উদ্ভব হয় তার কারণ ইলেকট্রন মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্য দিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভববিশিষ্ট বিন্দু থেকে উচ্চ বিভববিশিষ্ট বিন্দুর দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয় এবং পরিবাহকের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ দেওয়া আছে,
গ্রেটিং উপাদান, $d = \frac{1}{N} = \frac{1}{6 \times 10^5 \text{ m}^{-1}}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 450 \text{ nm} = 450 \times 10^{-9}$m
ক্রমসংখ্যা, $n = 1$
বের করতে হবে, অপবর্তন কোণ, $\theta = ?$
আমরা জানি, $d\sin\theta = n\lambda$

$$\therefore \sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = 1 \times 450 \times 10^{-9}\text{m} \times 6 \times 10^5 \text{ m}^{-1} = 0.27$$

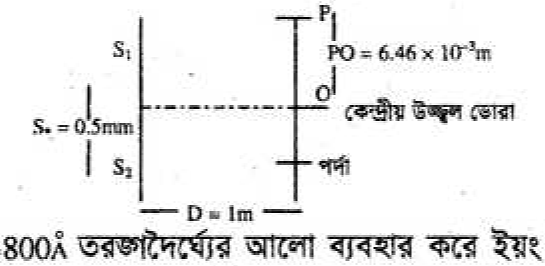
$$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.27) = 15.66° \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ চতুর্থ ক্রমের অপবর্তনের জন্য $n = 4$, এক্ষেত্রে $\sin\theta$ এর গ্রহণযোগ্য মান পাওয়া গেলে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যাবে যে, চতুর্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব।
পুনরায়, $d\sin\theta = n\lambda$

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = 4 \times 450 \times 10^{-9}\text{m} \times 6 \times 10^5 \text{ m}^{-1} = 1.08$$

কিন্তু $\sin\theta$ এর সর্বোচ্চ মান 1 হতে পারে।
সুতরাং এটি গ্রহণযোগ্য মান নয়।
সুতরাং চতুর্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩



উদ্দীপকে 3800Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষা সম্পন্ন করা হচ্ছে। চিত্রে, $S_1S_2 = 0.5$mm, $OP = 6.46 \times 10^{-3}$m, $D = 1$m. *[কু. বো. ২০১৬]*

ক. ফার্মাটের নীতি লিখ। ১

খ. সাদা আলো প্রিজমের মধ্য দিয়ে যাবার সময় বিচ্ছুরিত হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে পঞ্চম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার না ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোর রশ্মি এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে যাবার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অণুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ আমরা জানি, একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য কোনো মাধ্যমের প্রতিসরাংক একটি ধ্রুব সংখ্যা। কিন্তু বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য এই সংখ্যা বিভিন্ন। বিভিন্ন বর্ণের আলোর প্রতিসরাঙ্ক বিভিন্ন হওয়ায় আলো এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্রতিসরণের সময় একই কোণে আপতিত হলেও বিভিন্ন বর্ণের প্রতিসরণ কোণ বিভিন্ন হয়। ফলে বর্ণগুলো পরস্পর থেকে আলাদা হয়ে পড়ে। প্রিজমে আলো প্রতিসরণের ক্ষেত্রে দুই বার ভূমির দিকে বেঁকে যায়। তাই বিভিন্ন আলোক রশ্মির জন্য আপতন কোণ এক হলেও নির্গমন কোণ i_2 ভিন্ন হয়। আমরা জানি প্রিজমের বিচ্যুতি, $\delta = (i_1 + i_2) - A$। i_2 ভিন্ন হওয়ার কারণে বিভিন্ন বর্ণের বিচ্যুতি ভিন্ন হয়। এ কারণে সাদা আলো প্রিজমের মধ্য দিয়ে প্রতিসরণের সময় বিচ্ছুরিত হয়।

গ দেওয়া আছে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800\ Å = 3800 \times 10^{-10}$m

S_1S_2 = চিড়দ্বয়ের দূরত্ব = d = 0.5mm = 0.5×10^{-3} m

D = চিড় হতে পর্দার দূরত্ব = 1m, n = 5

পঞ্চম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব, x_n = ?

আমরা জানি, n তম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব, $x_n = (2n-1)\frac{\lambda D}{d}$

$$= (2 \times 5 - 1)\frac{3800 \times 10^{-10}\text{m} \times 1\text{m}}{2 \times 0.5 \times 10^{-3}\text{m}}$$

$$= 6.84 \times 10^{-3}\text{m}$$

অতএব, ৫ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব = 3.42×10^{-3} m = 3.42 mm

ঘ আমরা জানি,

$$S_2P - S_1P = \frac{xd}{D}$$

$$= \frac{6.46 \times 10^{-3}\text{m} \times 0.5 \times 10^{-3}\text{m}}{1\text{m}}$$

$$= 3.23 \times 10^{-6}\text{m}$$

এখানে,
$x = 6.46 \times 10^{-3}$m
$d = 0.5 \times 10^{-3}$m
D = 1m
$\lambda = 3800 \times 10^{-10}$m

ব্যতিচারের শর্ত থেকে জানি,

$$S_2P - S_1P = n\lambda$$

$$\therefore n = \frac{S_2P - S_1P}{\lambda}$$

$$= \frac{3.23 \times 10^{-6}\text{m}}{3800 \times 16^{-10}\text{m}}$$

$$= \frac{17}{2} = 17 \times \frac{1}{2}$$

n পূর্ণ সংখ্যা হলে গঠন মূলক আর অর্ধেকের বেজোড় গুণিতক হলে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে।

এখানে, n, $\frac{1}{2}$ এর বেজোড় গুণিতক

সুতরাং P বিন্দুতে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪ আলোর ব্যতিচার পরীক্ষণে শিক্ষার্থীরা প্রথম দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করলো, যেগুলো থেকে সমদশাবিশিষ্ট 5500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক তরঙ্গ নির্গত হয়। তারা পর্দায় মিলিত তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য 11000Å লক্ষ্য করলো। /চ. বো. ২০১৫/

ক. ফার্মাট এর নীতি লিখ। ১

খ. বিপদ সংকেতে সবসময় লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উৎস থেকে নির্গত প্রতিটি ফোটনের শক্তি হিসাব কর। ৩

ঘ. শিক্ষার্থীরা উক্ত পরীক্ষণে কোন ধরনের ব্যতিচার লক্ষ্য করলো — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যুক্তি দাও। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় আলোক রশ্মির যত সংখ্যক বারই প্রতিফলন বা প্রতিসরণ যাই হোক না কেন অনুসৃত পথ সর্বদাই স্থির হবে।

খ দৃশ্যমান আলোর সাতটি বর্ণের মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশি। আবার তরঙ্গের বিক্ষেপণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চতুর্থ ঘাতের ব্যস্তানুপাতিক বলে বায়ুমন্ডলের মধ্যে দিয়ে যাবার পথে অন্যান্য বর্ণের আলোর তুলনায় লাল বর্ণের আলোর বিক্ষেপণ কম হবে। এ কারণে লাল আলো বায়ুমন্ডলে অধিক দূর পর্যন্ত বিস্তার লাভ করতে পারে। ফলে কোনো বিপদজ্জনক স্থানে আসার অনেক আগে থেকেই গাড়ির চালক লাল আলো দেখতে পেয়ে বিপদ সম্পর্কে সতর্ক হতে পারে। তাই বিপদ সংকেতে সর্বদা লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5500Å$

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$Js

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

উৎস থেকে নির্গত প্রতিটি ফোটনের শক্তি, E = ?

আমরা জানি, $E = hf$

$$= \frac{hc}{\lambda} \quad [\because c = f\lambda]$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5500 \times 10^{-10}}$$

$$= 3.62 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$= 2.26 \text{ eV } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5500Å$

পথপার্থক্য = 11000Å

∴ দশা পার্থক্য নির্ণয় করলেই বোঝা যাবে এটি কি ধরনের ব্যতিচার।

আমরা জানি, দশা পার্থক্য = $\frac{2\pi}{\lambda}$ × পথ পার্থক্য

$$= \frac{2\pi}{5500 \times 10^{-10}} \times 11000 \times 10^{-10}$$

$$= 4\pi$$

অর্থাৎ 4π দশাপার্থক্য এবং শূন্য দশা পার্থক্য একই কথা।

যেহেতু দশা পার্থক্য শূন্য অথবা 4π, সুতরাং শিক্ষার্থীরা উক্ত পরীক্ষণে গঠনমূলক ব্যতিচার লক্ষ্য করবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ রায়হান অপটিকস ল্যাবে 600nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একবর্ণী আলো 2μm প্রস্থের একটি অপবর্তন চিড়ের উপর লম্বভাবে আপতিত করল। সে ধারণা করেছিল যে সে নয়টি চরম বিন্দু দেখতে পারবে। [সংশোধিত] /সি. বো. ২০১৭/

ক. তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ কী? ১

খ. 'একটি চশমার ক্ষমতা –5D' এর অর্থ কী? ২

গ. ১ম ক্রম চরমগুলোর মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্ব কত? ৩

ঘ. রায়হানের ধারণা কি সঠিক ছিল? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাথে এবং তরঙ্গ সঞ্চালনের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত সমান কম্পাঙ্ক ও সমদশা সম্পন্ন তড়িৎ ক্ষেত্র তরঙ্গ ও চৌম্বক ক্ষেত্র তরঙ্গ সমন্বয়ে গঠিত শূন্য মাধ্যমে সঞ্চালন যোগ্য অতিদ্রুত গতিসম্পন্ন তরঙ্গকে তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ বলা হয়।

খ একটি চশমার ক্ষমতা – 5D বলতে বোঝায় চশমার লেন্সটি অবতল এবং এটি প্রধান অক্ষের সমান্তরাল একগুচ্ছ আলোকরশ্মিকে এমনভাবে অপসারী করে যেন মনে হয় এগুলো লেন্স থেকে $\frac{1}{5}$ m দূরের কোন বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বা এর ফোকাস দূরত্ব $\frac{1}{5}$ m।

গ দেওয়া আছে,

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 600\text{ nm} = 600 \times 10^{-9}$m

ক্রমসংখ্যা, n = 1

চিরের বেধ, $a = 2\mu m = 2 \times 10^{-6}$m

বের করতে হবে, মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্ব, $2\theta'_n = ?$

আমরা জানি,

$$a \sin\theta'_n = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } \sin\theta'_n = (2n+1)\frac{\lambda}{2a}$$

$$\text{বা, } \sin\theta'_n = (2n+1) \times \frac{600 \times 10^{-9}}{2 \times 2 \times 10^{-6}}$$

$$\text{বা, } \sin\theta'_n = 0.45$$

$$\text{বা, } \theta'_n = \sin^{-1}(0.45) = 26.74°$$

$$\therefore 2\theta'_n = 2 \times 26.74 = 53.48° \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 600\text{ nm} = 600 \times 10^{-9}$m

চিরের বেধ, $a = 2\mu m = 2 \times 10^{-6}$ m

অপবর্তন কোণ সর্বোচ্চ $\theta = 90°$ হতে পারে। এক্ষেত্রে যে কোনো এক পাশে সর্বোচ্চ ক্রমের চরম বিন্দু সৃষ্ট হলে

$$a \sin 90° = (2n+1)\frac{\lambda}{2};\ n = 0, 1, 2, 3 \ldots$$

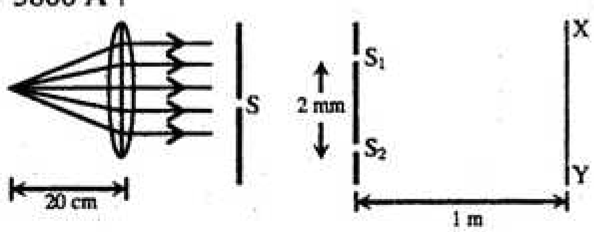
$$\text{বা, } 2n + 1 = \frac{2a}{\lambda}$$

$$\text{বা, } 2n = \frac{2a}{\lambda} - 1$$

$$\text{বা, } n = \frac{a}{\lambda} - \frac{1}{2} = \frac{2 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} - \frac{1}{2}$$

বা, $n = 2.83 \approx 2$ যেহেতু n এর মান ভগ্নাংশ হতে পারে না। রায়হান কেন্দ্রীয় চরম ও উভয় পাশে দুটি করে চরম দেখতে পাবে। অর্থাৎ রায়হান মোট 2 + 2 + 1 = 5 টি চরম বিন্দু দেখতে পাবে। সুতরাং রায়হানের ধারণা সঠিক ছিল না।

প্রশ্ন ▶ ৬ নিচের চিত্রে ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষার একটি ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে; যেখানে S_1 ও S_2 দুটি সুসংগত উৎস। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5800 Å।



[ব. বো. ২০১৬]

ক. ফার্মাটের নীতিটি লিখ। ১

খ. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাস দূরত্ব হ্রাস পেলে এর বিবর্ধন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোকরশ্মি এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে যাবার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন এর সমীকরণ হলো, $M = 1 + \frac{D}{f}$, এখানে D হলো স্পষ্ট দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব এবং f হলো ফোকাস দূরত্ব। এই সমীকরণ অনুসারে ফোকাস দূরত্ব (f) হ্রাস পেলে, $\frac{D}{f}$ বৃদ্ধি পাবে। $\frac{D}{f}$ বৃদ্ধি পেলে M বৃদ্ধি পাবে। এ কারণে সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাস দূরত্ব হ্রাস পেলে এর বিবর্ধন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, f = +20 cm = +0.2 m

লেন্সের ক্ষমতা, P = ?

আমরা জানি,

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{+0.2} = +5\text{ D (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5800\text{Å} = 5800 \times 10^{-10}$ m

চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}$ m

পর্দার দূরত্ব, D = 1m

ডোরা প্রস্থ, x = ?

আমরা জানি,

$$x = \frac{\lambda D}{2d} = \frac{5800 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 2 \times 10^{-3}} = 1.45 \times 10^{-4}\text{ m}$$

পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব। সেক্ষেত্রে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করতে হবে।

পরিবর্তিত পর্দার দূরত্ব, D′ = 1m + 20 cm = 1.2 m

ধরি, পরিবর্তিত তরঙ্গ দৈর্ঘ্য = λ′

আমরা জানি,

$$x = \frac{\lambda' D'}{2d}$$

$$\text{বা, } \lambda' = \frac{2dx}{D'} = \frac{2 \times 2 \times 10^{-3} \times 2.9 \times 10^{-4}}{1.2} = 9.67 \times 10^{-7}\text{ m} = 9666.67\text{ Å}$$

∴ পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পেতে হলে 9666.67 Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭ ইয়ং-এর দ্বিচির পরীক্ষায় 5000×10^{-10}m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মির ব্যবহার করা হলো। যদি তরঙ্গদ্বয়ের মাঝে পথ পার্থক্য 1250×10^{-10}m হয়, তাহলে চিরদ্বয় হতে 1m এবং 1.5m দূরত্বে দুটি অন্ধকার পট্টি পাওয়া যায়। *[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]*

ক. তরঙ্গমুখের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. আলোর ব্যতিচারের শর্তগুলো লিখো। ২

গ. উদ্দীপক ব্যবহার করে প্রান্ত বিন্দুদ্বয়ের মধ্যকার দশা পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপরোক্ত উদ্দীপকের পর্দায় গঠিত অন্ধকার পট্টিদ্বয়ের প্রশস্ততা কত হতে পারে– এ সম্পর্কিত গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ ব্যতিচার পাওয়ার শর্তগুলো নিম্নরূপ:

i. আলোর উৎস দু'টি সুসজ্ঞাত হতে হবে।

ii. যে দুটি তরঙ্গের ব্যতিচার ঘটবে তাদের বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে।

iii. উৎসগুলো খুব কাছাকাছি অবস্থিত হতে হবে।

iv. উৎসগুলো খুব সূক্ষ্ম হতে হবে।

গ প্রান্তবিন্দুদ্বয়ের মধ্যে দশা পার্থক্য, $\Delta\varphi$ হলে,

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$$

$$= \frac{2\pi}{5000\times10^{-10}}\times1250\times10^{-10}$$

$$= \frac{\pi}{2}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পথপার্থক্য,
$\Delta x = 1250\times10^{-10}$m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000\times10^{-10}$m

ঘ চিরদ্বয় হতে 1m দূরত্বে গঠিত অন্ধকার পট্টির প্রশস্ততা x_1 ও 1.5m দূরে গঠিত অন্ধকার পট্টির প্রশস্ততা x_2 হলে,

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{\frac{\lambda D_1}{2a}}{\frac{\lambda D_2}{2a}}$$

বা, $\frac{x_1}{x_2} = \frac{D_1}{D_2}$

বা, $\frac{x_1}{x_2} = \frac{1}{1.5}$

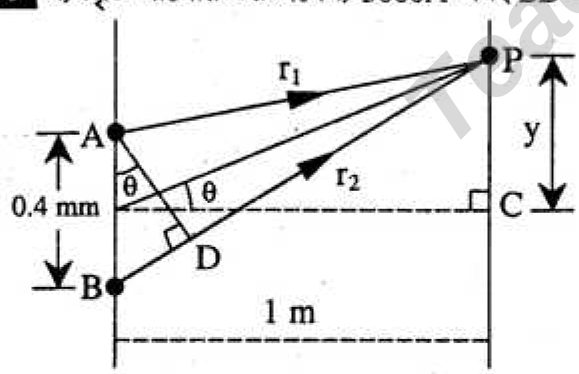
বা, $\frac{x_1}{x_2} = \frac{2}{3}$

$\therefore\ 3x_1 = 2x_2$

অর্থাৎ, $x_1 < x_2$

অতএব, চিরদ্বয় হতে 1m ও 1.5 দূরে গঠিত অন্ধকার পট্টিদ্বয়ের মধ্যে 1.5m দূরের অন্ধকার পট্টির প্রশস্ততা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶৮ ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5000Å এবং BD = 10000Å



[পাবনা ক্যাডেট কলেজ]

ক. সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. সুসজ্ঞাত আলোক উৎস বলতে কী বুঝ— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দুটি পরপর উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব বের করো। ৩

ঘ. উপরোক্ত পথ পার্থক্যের জন্য কোনো ডোরা তৈরি হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণ সহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ যে উৎস হতে আলোক তরঙ্গসমূহ সর্বদা সমদশায় নিঃসৃত হয়, তাকে সুসংগত আলোক উৎস বলে। প্রকৃতিতে কোনো আলোক-উৎসই সুসংগত নয়। কারণ, যে কোনো বাতি হতে আলোক তরঙ্গসমূহ বিভিন্ন দশায় নিঃসৃত হয় এবং প্রত্যেকটি তরঙ্গের দশা সময়ের সাথে দ্রুত পরিবর্তিত হতে থাকে।

গ পরপর দুটি উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$$

$$= \frac{5\times10^{-7}\times1}{2\times0.4\times10^{-3}}$$

$$= 0.625\ \text{mm}\ \textbf{(Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000\text{Å} = 5\times10^{-7}$m
চির ও পর্দার দূরত্ব, D = 1 m
চিরদ্বয়ের দূরত্ব, a = 0.4 mm
$= 0.4\times10^{-3}$m

ঘ আমরা জানি, চিরদ্বয় হতে পর্দার উপর আপতিত কোনো আলোক রশ্মিদ্বয়ের পথপার্থক্য = $n\lambda$ হয় তবে সেই বিন্দুতে গাঠনিক ব্যতিচার হবে এবং পথপার্থক্য = $\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$ হয় তবে ঐ বিন্দুতে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে।

উদ্দীপক হতে দেখতে পাই, পর্দার উপর P বিন্দুতে

পথপার্থক্য = BD

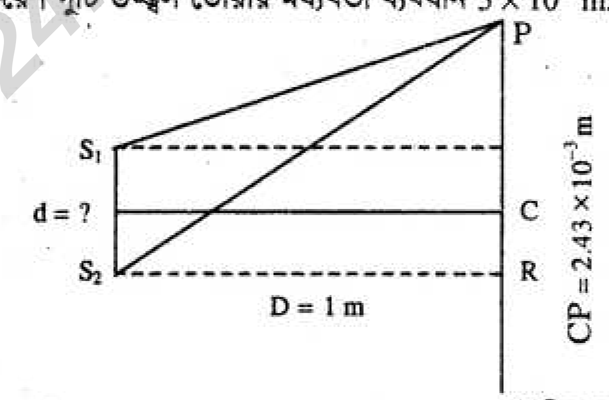
= 10000Å

= 2×5000Å

= 2λ [আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য = λ = 5000Å]

যেহেতু পথপার্থক্য তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক, তাই P বিন্দুতে উজ্জ্বল ডোরা তৈরি হবে।

প্রশ্ন ▶৯ দুটি সুসংগত উৎস থেকে 5×10^{-7}m তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলো আপতিত হয়ে 1m দূরে রাখা পর্দার উপর ব্যতিচার বাল্ব তৈরি করে। দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী ব্যবধান 5×10^{-4}m.



[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. বর্ণালী কী? ১

খ. পয়েন্টিং ভেক্টর ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সুসংগত উৎস দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. S_1 ও S_2 উৎস থেকে তরঙ্গ দুটি পর্দার উপর P বিন্দুতে হয়। P বিন্দুতে ধ্বংসাত্মক নাকি গঠনমূলক ব্যতিচার হতে যখন CP = 2.43×10^{-3}m. গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমে প্রতিসরণের ফলে যৌগিক আলোর বিচ্ছুরণের জন্য মূল রঙের যে পট্টি পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে।

খ তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো এই যে, ইহ তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি বহন করতে পারে। কোনো তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতিপথে লম্বভাবে স্থাপিত কোনো একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ শক্তি অতিক্রম করে তাকে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে। একে $\vec{S}$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তড়িৎক্ষেত্র $\vec{E}$, চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B}$ এর পয়েন্টিং ভেক্টর-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক হলো : $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$ অর্থাৎ $\vec{S} = \vec{E}\times\vec{H}$ এবং একক হলো ওয়াট/মিটার²।
যেহেতু S একটি ভেক্টর রাশি এর দিক হবে যেদিকে শক্তি স্থানান্তরিত হয় সেদিক।

গ দেওয়া আছে,
উৎসদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6 \times 10^{-7}m$
দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী ব্যবধান, $\Delta z = 5 \times 10^{-4}m$
বের করতে হবে, উৎসদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, $d = ?$
আমরা জানি, $\Delta z = \frac{\lambda D}{a}$
$\therefore a = \frac{\lambda D}{\Delta z} = \frac{6 \times 10^{-7}m \times 1m}{5 \times 10^{-4}m} = 0.0012m$
$= 1.2$ mm **(Ans.)**

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: ৫ম উজ্জ্বল ডোরার মধ্যে অবস্থিত।

প্রশ্ন ▶ ১০ একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোক রশ্মি অপবর্তন গ্রেটিংয়ের ওপর আপতিত হচ্ছে। গ্রেটিংয়ে প্রতি মিটারে দাগ সংখ্যা 4.24×10^5। গ্রেটিংয়ের অপবর্তনের ফলে 30° কোণে দ্বিতীয় ক্রমের বর্ণালি রেখা পাওয়া গেল। অন্য একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মির জন্যে 40° কোণে দ্বিতীয় ক্রমের বর্ণালি রেখা পাওয়া যায়। *[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]*

ক. আলোর সমবর্তন কী? ১
খ. হাইগেনসের নীতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ১ম ক্ষেত্রে বর্ণালির তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করো। ৩
ঘ. ২য় ক্ষেত্রে পরপর দুটো চরম ও পরপর দুটো অবমের কৌণিক ব্যবধান সমান কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ **হাইগেনসের নীতি:** কোনো তরঙ্গমুখের প্রতিটি বিন্দু এক একটি অণুতরঙ্গের বা গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে গণ্য হয়। ঐ অণুতরঙ্গগুলো মূল তরঙ্গের সমান বেগ নিয়ে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। যে কোনো মুহূর্তে এই অণুতরঙ্গগুলোকে স্পর্শ করে যে সাধারণ স্পর্শক তল পাওয়া যায় তা-ই ঐ সময়ে নতুন তরঙ্গমুখের অবস্থান নির্দেশ করে।
ব্যাখ্যা: ধরা যাক, S আলোক উৎস থেকে চারদিকে আলোক তরঙ্গ ছড়িয়ে পড়ছে। কোনো এক সময় AB হচ্ছে তরঙ্গমুখের অবস্থান। এখন সময়ের সাথে সাথে তরঙ্গমুখ সামনের দিকে অগ্রসর হয়। t সময় পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান কোথায় হবে তা হাইগেনসের নীতির সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।
হাইগেনসের নীতি অনুযায়ী তরঙ্গমুখে অবস্থিত প্রত্যেকটি কণাকে গৌণ উৎস বলে ধরা যায় এবং ঐ কণাগুলো থেকে অণুতরঙ্গ বা গৌণতরঙ্গসমূহ নির্গত হয়ে চারদিকে একই বেগে ছড়িয়ে পড়ে। সুতরাং t সেকেন্ড পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান বের করার জন্য AB তরঙ্গমুখের ওপর P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি কণা নেওয়া হয়। এখন আলোর বেগ c হলে প্রত্যেক কণাকে কেন্দ্র করে ct ব্যাসার্ধের ছোট ছোট গোলক কল্পনা করা হয়। ঐ গোলকগুলোই হবে P_1, P_2 প্রভৃতি গৌণ উৎস থেকে সৃষ্ট গৌণ তরঙ্গের অবস্থান। তখন ঐ ছোট গোলকগুলোকে স্পর্শ করে যে গোলীয় তল A_1B_1 পাওয়া যায় তাই হচ্ছে t সেকেন্ড পরে অগ্রসরমান তরঙ্গমুখের অবস্থান।

গ এখানে,
প্রতি মিটারে দাগ সংখ্যা, $N = 4.24 \times 10^5$
অপবর্তন কোণ, $\theta_n = 30°$
$n = 2$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$
আমরা জানি,
$\frac{1}{N}\sin\theta_n = n\lambda$
বা, $\lambda = \frac{\sin\theta_n}{n} \times \frac{1}{N}$
বা, $\lambda = \frac{\sin(30)}{2} \times \frac{1}{4.24 \times 10^5}$
$\therefore \lambda = 5.9 \times 10^{-7}$ m **(Ans.)**

ঘ ২য় ক্ষেত্রে, অপবর্তন কোণ, $\theta = 40°$
দাগ সংখ্যা, $d = \frac{1}{N} = \frac{1}{4.24 \times 10^5} = 2.36 \times 10^{-6}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,
আমরা জানি,
$d \sin\theta = n\lambda$
বা, $\lambda = \frac{d\sin\theta}{n} = \frac{2.36 \times 10^{-6} \times \sin(40°)}{2}$
$\therefore \lambda = 7.59 \times 10^{-7}$ m
আবার, চরমের ক্ষেত্রে জানি,
$d \sin\theta = n\lambda$
$n = 1$ হলে,
$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{d} = \frac{7.59 \times 10^{-7}}{2.36 \times 10^{-6}}$
$\theta_1 = 18.76°$
$n = 2$ হলে, $\sin\theta_2 = \frac{2\lambda}{d}$
$\theta_2 = 40.03$
$\therefore$ পরস্পর দুটো চরমের কৌণিক ব্যবধান, $(\theta_2 - \theta_1) = (40.03 - 18.76)$
$= 21.27°$
অবমের ক্ষেত্রে আমরা জানি,
$d \sin\theta = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$
$n = 1$ হলে,
$\sin\theta_1 = \frac{3\lambda}{2d} = \frac{3 \times 7.59 \times 10^{-7}}{2 \times 2.36 \times 10^{-6}}$
$\therefore \theta_1 = 28.84°$
$n = 2$ হলে,
$\sin\theta_2 = \frac{5\lambda}{2d}$
$\therefore \theta_2 = 53.51°$
$\therefore$ অবমের ক্ষেত্রে কৌণিক ব্যবধান $(\theta_2 - \theta_1) = 24.67°$
সুতরাং বলা যায় যে, দুটি ক্ষেত্রে কৌণিক ব্যবধান সমান নয়।

প্রশ্ন ▶ ১১ রাসেল ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5.5×10^{14} Hz-এর আলো ব্যবহার করে চির হতে 1.55m দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচার ঝালর তৈরি করল। পরপর দুইটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যে দূরত্ব 0.75mm। অন্যদিকে, আরিফের পরীক্ষায় দুটি চিরের মধ্যে পার্থক্য 2.0 mm। পর পর দুইটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব 0.295 mm। *[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]*

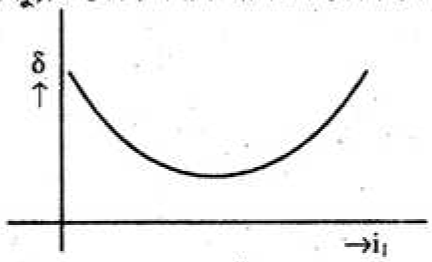
ক. ফার্মাটের নীতি কী? ১
খ. লেখচিত্রের সাহায্যে ন্যূনতম বিচ্যুতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রাসেলের পরীক্ষায় চির-দ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব কত? ৩
ঘ. রাসেল এবং আরিফের মধ্যে কে বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করেছিল? গাণিতিকভাবে তোমার যুক্তি ব্যাখ্যা দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সব থেকে কম সময় লাগে।

খ প্রিজমে আপতন কোণ খুব অল্পমানের হলে অত্যাধিক মানের বিচ্যুতি পাওয়া যায়। কিন্তু আপতন কোণের মান ক্রমশ বাড়াতে থাকলে প্রাপ্ত বিচ্যুতি কোণের মান কমতে থাকে। একসময় বিচ্যুতি কোণ সর্বনিম্ন মানে উপনীত হয়। এরপর আপতন কোণ বাড়াতে থাকলে বিচ্যুতি কোণের মান বাড়তে থাকে।

সুতরাং, প্রিজমে বিচ্যুতি কোণ বনাম আপতন কোণ লেখ নিম্নরূপ:



গ চিরের দূরত্ব = a হলে,

$\Delta x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{cD}{fa}$ [c = আলোর বেগ]

$\Rightarrow 0.75 \times 10^{-3} = \frac{3\times10^8\times1.55}{5.5\times10^{14}\times a}$

$\therefore$ a = 1.127 mm. **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
আলোর কম্পাঙ্ক,
$f = 5.5 \times 10^{14}$Hz
পর্দার দূরত্ব, D = 1.55 m
পরপর উজ্জ্বল ডোরার পার্থক্য,
Δx = 0.75 mm.

ঘ রাসেলের পরীক্ষায় আলোর

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_R = \frac{c}{f}$, [c = আলোর বেগ]

$= \frac{3\times10^8}{5.5\times10^{14}}$

$= 5455$Å

আরিফের পরীক্ষায় আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য $= \lambda_A$ হলে,

$\Delta x = \frac{\lambda_A D}{a}$

$\Rightarrow \lambda_A = \frac{\Delta x a}{D}$

$= \frac{0.295\times10^{-3}\times2\times10^{-3}}{1.55}$

$= 3806$ Å

$\therefore \lambda_R > \lambda_A$

দেওয়া আছে,
রাসেলের পরীক্ষায়,
কম্পাঙ্ক, $f_R = 5.5\times10^{14}$Hz
আরিফের পরীক্ষায়,
চির পার্থক্য, a = 2 mm
$= 2\times10^{-3}$ m
পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,
Δx = 0.295 mm
$= 0.295\times10^{-3}$ m
পর্দার দূরত্ব, D = 1.55 m

অতএব, উদ্দীপকের পরীক্ষাদ্বয়ে রাসেল অপেক্ষাকৃত বেশি তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করেছিল।

প্রশ্ন ▶ ১২ একটি ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় চিড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4mm। চিড়ের সমান্তরালে 1m দূরত্বে স্থাপিত পর্দায় ডোরা সৃষ্টি করা হলে দেখা যায় কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে 12 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব 93mm। *[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]*

ক. মাইক্রন কি? ১
খ. রান্নার কাজে কেনো মাইক্রোওয়েভ ব্যবহার করা হয়? সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. একবর্ণীয় আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের কর? ৩
ঘ. যদি সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি পানির নিচে করা হত তখন ডোরার প্রস্থ কমে যাবে বা বেড়ে যাবে– গাণিতিক পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মাইক্রন হলো দৈর্ঘ্য পরিমাপের একক, প্রকাশ করা হয় μ দিয়ে। $1\ \mu m = 10^{-6}$m।

খ তড়িৎচুম্বক বর্ণালীতে সাধারণত যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি সেটি কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বর্ণালী অপেক্ষা কম উষ্ণ হয়। স্বাভাবিকভাবেই অবলোহিত রশ্মি বা সাধারণ আলো মাইক্রোওয়েভের চেয়ে উষ্ণতর। তথাপি আমরা খাবার রান্নায় মাইক্রোওয়েভ ব্যবহার করি। কারণ, সাধারণ খাবার খুব দ্রুত সাধারণ আলো বা অবলোহিত রশ্মি শোষণ করে ফেলে। ফলে খাবারের নিচের স্তর গরম হলেও উপরের স্তর ঠাণ্ডা থেকে যায়। মাইক্রোওয়েভ কম শোষিত হওয়ার কারণে খাবারের উপরের স্তর পর্যন্ত পৌঁছতে পারে। ফলে খাবার গরম/রান্না করা সহজতর হয়।

গ এখানে

ডোরার ক্রম, n = 12
চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 0.4$ mm $= 4 \times 10^{-4}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব, D = 1m
কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি হতে 12 তম উজ্জ্বল পট্টির দূরত্ব, x_{12} = 93 mm = 0.093 m
একবর্ণীয় আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, λ = ?

আমরা জানি,

$x_n = \frac{n\lambda D}{d}$

বা, $\lambda = \frac{d\, x_n}{nD}$

$\therefore \lambda = \frac{4 \times 10^{-4} \times 0.093}{12 \times 1} = 3.1 \times 10^{-6}$ m **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের বর্ণিত পরীক্ষণটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরার প্রস্থ পরিবর্তন হবে কারণ পানিতে প্রতিসরণাঙ্ক পরিবর্তন হওয়াতে আলোর বেগ এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরিবর্তন হয়।

এখন পরিক্ষণটিতে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3.1 \times 10^{-6}$m

$\therefore$ ডোরার প্রস্থ, $\Delta x = \frac{D\lambda}{2a}$

আবার, পানির প্রতিসরনাংক $\mu_w = \frac{4}{3}$

$\therefore$ পানিতে উক্ত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_w হলে,

$\mu_w = \frac{c}{c_w} = \frac{\lambda}{\lambda_w}$

বা, $\lambda_w = \frac{\lambda}{\mu_w}$

$= \frac{3}{4}\lambda$

$\therefore$ পানির সৃষ্ট ডোরার প্রস্থ, $\Delta x_w = \frac{D\lambda_w}{2a}$

$= \frac{3}{4}\left(\frac{D\lambda}{2a}\right)$

$= \frac{3}{4}\Delta x$

বা, $\frac{\Delta x_w}{\Delta x} = \frac{3}{4}$

বা, $\frac{\Delta x - \Delta x_w}{\Delta x} = \frac{4-3}{4} \times 100\%$

= 25%

অতএব, পরীক্ষণটি পানিতে করলে ডোরার প্রস্থ 25% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ১৩ ইয়ং এর দ্বি চির পরীক্ষা করার জন্য একটি আলোক উৎস ব্যবহার করা হলো যার বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 5600Å ফলে 1.2m দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচারপট্টি দেখা গেল। চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.1mm পরীক্ষণটি অন্য একটি মাধ্যমে করা হলো। *[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]*

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কি? ১
খ. বিপদ সংকেতে সব সময় লাল ব্যবহার করা হয় কেন? ২
গ. বায়ু মাধ্যমে সৃষ্ট ব্যতিচার ডোরার ব্যবধান কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের পরীক্ষাটি 1.33 প্রতিসরণাঙ্কের কোনো মাধ্যমে রেখে করলে ব্যতিচার ডোরার ব্যবধানের কী কোনো পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি অপবর্তন গ্রেটিং এর প্রতিটি চিরের প্রস্থ এবং প্রতিটি দাগের প্রস্থের যোগফলকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করার প্রধান কারণ এর কম বিচ্যুতি।

এখন দৃশ্যমান যে কোন বর্ণের আলোর মধ্যে লাল বর্ণের আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সবচেয়ে বেশি, অর্থাৎ যে কোন মাধ্যমে লাল আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরনাংক কম হয়। সুতরাং প্রতিসরণের ফলে লাল বর্ণের আলোর বিচ্যুতি সবচেয়ে কম, অর্থাৎ বায়ু মাধ্যমে আলোর যাওয়ার পথে প্রতিসরিত হলেও সবচেয়ে কম বাঁকবে। এজন্য বিপদ সংকেতের আলো অনেক দূর হতে দেখা যাবে।

এসব কারণে বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

গ ১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.36 mm।

ঘ এখানে, ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায়,

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.1\text{mm}$
$= 0.1 \times 10^{-3}\text{m}$

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5600\text{Å}$
$= 5600 \times 10^{-10}\text{m}$

চিড় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1.2 \text{ m}$

এখন, বায়ুতে চিড়ের প্রস্থ Δx_a হলে,

$$\Delta x_a = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{5600 \times 10^{-10} \times 1.2\text{m}}{2 \times 0.1 \times 10^{-3}\text{m}} = 3.36 \times 10^{-3} \text{ m}$$

উদ্দীপকে বর্ণিত সমস্ত ব্যবস্থাটিকে যদি 1.33 প্রতিসরণাঙ্কবিশিষ্ট মাধ্যমে নেওয়া হয় তবে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হ্রাস পাবে। কারণ, তরলটির প্রতিসরণাঙ্ক বায়ু অপেক্ষা বেশি তাই তরলটিতে বায়ু অপেক্ষা আলোর বেগ কম এবং তরলে ব্যবহৃত আলোর কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকবে। $\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$ সূত্রানুসারে D এবং a অপরিবর্তিত থাকলে, $\Delta x \propto \lambda$

অর্থাৎ, তরলটিতে λ এর মান অপেক্ষাকৃত কম বলে সেখানে ডোরার প্রস্থ বায়ুতে থাকাকালীন সময়ের তুলনায় কম হবে।

ধরি, তরলটিতে ডোরার প্রস্থ Δx_l

বায়ু এবং তরলটিতে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_a এবং λ_l হলে,

$$\frac{\Delta x_a}{\Delta x_l} = \frac{\lambda_a}{\lambda_l} = \frac{C_a/f}{C_l/f} \quad [f = \text{ধ্রুবমান কম্পাঙ্ক}]$$
$$= \frac{C_a}{C_l} = {}_a\mu_l$$
= বায়ুর সাপেক্ষে তরলটির প্রতিসরাঙ্ক
$= 1.33$

$$\therefore \Delta x_l = \frac{\Delta x_a}{1.33} = \frac{3.36 \times 10^{-3}\text{m}}{1.33} = 2.53 \times 10^{-3}\text{m}$$

সুতরাং, উদ্দীপকে বর্ণিত সমস্ত ব্যবস্থাটিকে যদি 1.33 প্রতিসরণাঙ্কের তরলে নেওয়া হয় তবে ডোরার প্রস্থ হ্রাস পাবে এবং এই হ্রাসকৃত মান হলো $2.53 \times 10^{-3}\text{m}$.

প্রশ্ন ▶ ১৪ ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় দুইটা চিড়ের দূরত্ব 0.035cm এবং পরপর দুইটা উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব 3.95×10^{-4} m, পর্দার দূরত্ব $D = 0.3\text{m}$।

[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. অপবর্তন কাকে বলে? ১

খ. গঠনমূলক ব্যতিচারের শর্ত কী কী? ২

গ. উদ্দীপকে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. যদি 8800Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হয় এবং পরপর দুইটা উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব একই রাখতে হলে কী ব্যবস্থা নিতে হবে? ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ দুটি তরঙ্গ যখন একই দশায় মিলিত হয় তখন লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার তথা প্রাবল্য সর্বাধিক হয় ফলে উজ্জ্বল ডোরার সৃষ্টি হয় ও গঠনমূলক ব্যতিচার ঘটে।

পর্দার উপর যে সকল বিন্দুতে আপতিত তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর জোড় গুণিতক সে সকল বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।

গ

ডোরার ব্যবধান, $\Delta x = \frac{D\lambda}{a}$ বা, $\lambda = \frac{a\Delta x}{D}$ $= \frac{0.00035 \times 3.95 \times 10^{-4}}{0.3}$ $= 4.6 \times 10^{-7}$ m $= 4608\text{Å}$ (Ans.)	এখানে, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.035 \text{ cm} = 0.00035 \text{ m}$ ডোরার ব্যবধান, $\Delta x = 3.95 \times 10^{-4}$ m পর্দার দূরত্ব, $D = 0.3$ m আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

ঘ আমরা জানি, পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব, $\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$

দেওয়া আছে,

আদি পর্দার দূরত্ব, $D = 0.3$ m

আদি দুটি চিড়ের দূরত্ব, $a = 0.035 \times 10^{-2}$ m

আদি দুটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব $\Delta x = 3.95 \times 10^{-4}$ m

নতুন আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 8800\text{Å}$
$= 8.8 \times 10^{-7}\text{m}$

যদি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব একই রাখতে হয় তবে,

$$\Delta x = 3.95 \times 10^{-4} = \frac{8.8 \times 10^{-7} \times D}{a}$$
$$\therefore \frac{D}{a} = 448.9$$

অর্থাৎ, চিরের দূরত্ব এবং পর্দার দূরত্ব এমনভাবে বাছাই করতে হবে যেন পর্দা ও চিরের দূরত্বের অনুপাত 448.9 হয়।

প্রশ্ন ▶ ১৫ ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় দুটি চিড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.3mm এবং চিড় হতে পদার্থ দূরত্ব 0.1m। পরীক্ষাটি যদি বায়ুতে সম্পন্ন করা হয় তাহলে, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৮ম উজ্জ্বল ডোরা 6.5mm দূরে পাওয়া যায়। পানির প্রতিসরাংক 1.33।

[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. আলোর সমবর্তন কী? ১

খ. তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য লিখ। ২

গ. উল্লেখিত পরীক্ষাটি ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বায়ুতে কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উল্লেখিত পরীক্ষাটি পানিতে সম্পন্ন করলে উজ্জ্বল ডোরার প্রস্থ পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ

i. তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ তড়িৎক্ষেত্র $\vec{E}$ ও চৌম্বকক্ষেত্র $\vec{B}$ এর পর্যায়বৃত্ত পরিবর্তনের ফলে উৎপন্ন হয়।

ii. তরঙ্গ সঞ্চালনের অভিমুখ $\vec{E}$ ও $\vec{B}$ উভয়ের উপর লম্ব। তাই তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ আড় তরঙ্গ।

iii. তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের সঞ্চালনের জন্য কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।

iv. তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের তীব্রতা দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে হ্রাস পায়। অর্থাৎ $E \propto \frac{1}{r^2}$, এখানে, E হলো তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের তীব্রতা এবং r হলো উৎস হতে দূরত্ব। সুতরাং দূরত্ব দ্বিগুণ বৃদ্ধি পেলে তীব্রতা চারগুণ হ্রাস পাবে।

গ উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ হলে,

$$x_n = n\lambda\frac{D}{a}$$

বা, $\lambda = \frac{x_n a}{nD}$

$$= \frac{6.5\times10^{-3}\times3\times10^{-4}}{8\times0.1}$$

$$= 2.4375\times10^{-6}\text{m (Ans.)}$$

এখানে,
উজ্জ্বলতার ক্রম, $n = 8$
চিরের মধ্যবর্তীদূরত্ব, $a = 0.3$ mm $= 3\times10^{-4}$m
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 0.1$ m
কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৮ম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x_n = 6.5$ mm $= 6.5\times10^{-3}$m

ঘ আলোক তরঙ্গ এক মাধ্যম হতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করলে কম্পাংক একই থাকে কিন্তু তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বেগ পরিবর্তিত হয়। পানিতে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_w হলে,

$$\frac{\mu_w}{\mu_a} = \frac{C_a}{C_w} = \frac{f\lambda_a}{f\lambda_w} = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$$

$$\therefore \lambda_w = \lambda_a\times\frac{\mu_a}{\mu_w} = \lambda\times\frac{1}{1.33} = \frac{3\lambda_a}{4}$$

এখন, বায়ুতে সৃষ্ট ডোরার প্রস্থ x_a ও পানিতে x_w হলে,

$$\frac{x_w}{x_a} = \frac{\frac{\lambda_w D}{2a}}{\frac{\lambda_a D}{2a}} = \frac{\lambda_w}{\lambda_a}$$

$$= \frac{\frac{3\lambda_a}{4}}{\lambda_a}$$

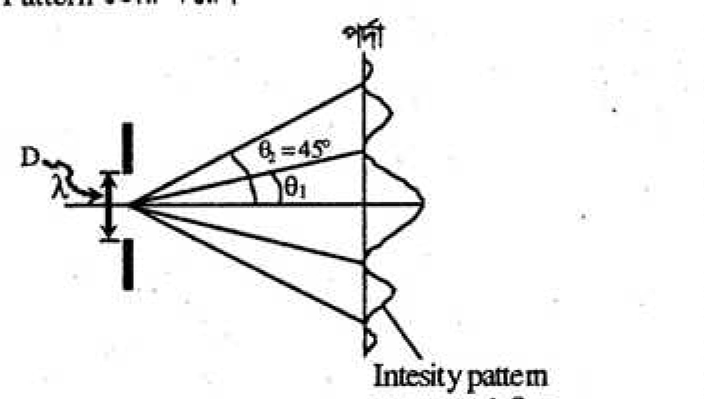
$$= \frac{3}{4}$$

বা, $\frac{x_w}{x_a} < 1$

$\therefore x_w < x_a$

অর্থাৎ, পানিতে সৃষ্ট ডোরার প্রস্থ বায়ুর চাইতে কম।
অতএব, ডোরা প্রস্থ পরিবর্তিত হবে।

প্রশ্ন ▶১৬ 550 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলোক রশ্মি নিচের চিত্রানুসারে একক চিরের উপর আপতিত হয় এবং পর্দার উপর Intensity Pattern তৈরি করে।



[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. ভৌত আলোকবিজ্ঞান কাকে বলে? ১
খ. কম না বেশি অর্ধায়ু সম্পন্ন তেজস্ক্রিয় মৌল চিকিৎসা বিজ্ঞানে সহায়ক ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্লিট-এর প্রস্থ (D) কত? ৩
ঘ. কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি কোণ নির্ণয় সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক বিজ্ঞানের যে শাখায় আলোর অপবর্তন, সমাবর্তন এবং ব্যতিচার সম্পর্কে আলোচনা করা হয় তাকে ভৌত আলোকবিজ্ঞান বলে।

খ চিকিৎসা বিজ্ঞানে, বিশেষত রেডিও থেরাপিতে উচ্চ তেজস্ক্রিয় রশ্মি ব্যবহৃত হয়। আমরা জানি তেজস্ক্রিয়তার তীব্রতা তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবকের উপর নির্ভর করে। তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক বেশি হলে তার তীব্রতা বেশি হয়। আবার যে তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু অল্প তার ক্ষয়ধ্রুবক বেশি হয়। এজন্যই চিকিৎসা বিজ্ঞানে কম অর্ধায়ু সম্পন্ন তেজস্ক্রিয় মৌল ব্যবহৃত হয়।

গ অপবর্তনের ক্ষেত্রে অবমের শর্ত,

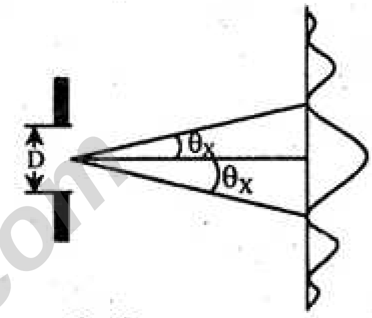
$$D\sin\theta_n = n\lambda$$

$$D = \frac{2\times550\times10^{-9}}{\sin45°}$$

$$= 1.56\times10^{-6}\text{m (Ans.)}$$

এখানে, চিত্র হতে,
দ্বিতীয় অবমের জন্য অপবর্তন কোণ, $\theta_n = 45°$
দ্বিতীয় অবম, $n = 2$
চিত্র প্রস্থ, $D = ?$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 550$nm $= 550\times10^{-9}$m

ঘ



এখানে, কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি কোণ হবে $2\theta_x$
প্রথম অবমের জন্য,

$$D\sin\theta_x = n\lambda$$

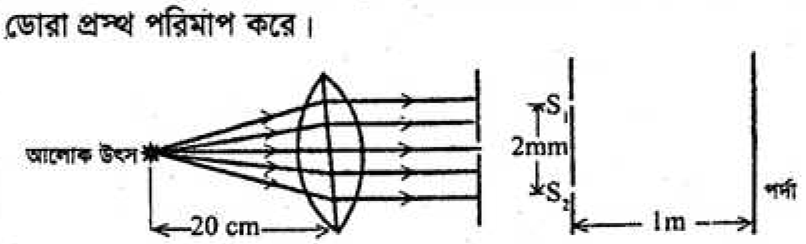
এখানে, D = চির প্রস্থ
a = 1 (প্রথম অবম)
তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = 550$ nm $= 550\times10^{-9}$m

$$\therefore \sin\theta_x = \frac{1\times550\times10^{-9}}{1.56\times10^{-6}}$$

$$\theta_x = 20.64°$$

$\therefore$ কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি $= 2\theta_x = 2\times20.64° = 41.28°$

প্রশ্ন ▶১৭ বাংলাদেশে প্রথম শিশুদের চ্যানেল 'দুরন্ত' গুরুত্বপূর্ণ অবদান রেখে চলেছে। নবম শ্রেণির শিক্ষার্থী শাফা ঐ চ্যানেলে পুতুল নাচ দেখার সময় আকাশে বিদ্যুৎ চমকানোর কারণে ছবি অস্পষ্ট হয়ে যায় ও শব্দ সৃষ্টি হয়। সে অভিভাবকদের প্রশ্ন করে জানতে পারে তরঙ্গের ব্যতিচারের কারণে সমস্যা হয়েছে। কিন্তু সেদিন সে না বুঝলেও পরবর্তীতে সম্মান ২য় বর্ষে ব্যতিচারের নিম্নোক্ত পরীক্ষা করে পর্দায় ডোরা প্রস্থ পরিমাপ করে।



ব্যবহৃত লেন্সের ক্ষেত্রে, r_1 = 15cm এবং r_2 = 30cm এবং ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য = 7000Å

[মাইলস্টোন কলেজ]

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে? ১
খ. হাইগেনের নীতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ডোরা প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বায়ুতে লেন্সটির প্রতিসরণাঙ্ক নির্ণয় সম্ভব কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ হাইগেনের নীতি: কোনো তরঙ্গমুখের প্রতিটি বিন্দু এক একটি অণুতরঙ্গের বা গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে গণ্য হয়। ঐ অণুতরঙ্গগুলো মূল তরঙ্গের সমান বেগ নিয়ে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। যে কোনো মুহূর্তে এই অণুতরঙ্গগুলোকে স্পর্শ করে যে সাধারণ স্পর্শক তল পাওয়া যায় তা-ই ঐ সময়ে নতুন তরঙ্গমুখের অবস্থান নির্দেশ করে।

ব্যাখ্যা : ধরা যাক, S আলোক উৎস থেকে চারদিকে আলোক তরঙ্গ ছড়িয়ে পড়ছে। কোনো এক সময় AB হচ্ছে তরঙ্গমুখের অবস্থান। এখন সময়ের সাথে সাথে তরঙ্গমুখ সামনের দিকে অগ্রসর হয়। t সময় পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান কোথায় হবে তা হাইগেনের নীতির সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

হাইগেনের নীতি অনুযায়ী তরঙ্গমুখে অবস্থিত প্রত্যেকটি কণাকে গৌণ উৎস বলে ধরা যায় এবং ঐ কণাগুলো থেকে অণুতরঙ্গ বা গৌণতরঙ্গসমূহ নির্গত হয়ে চারদিকে একই বেগে ছড়িয়ে পড়ে। সুতরাং t সেকেন্ড পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান বের করার জন্য AB তরঙ্গমুখের ওপর P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি কণা নেওয়া হয়। এখন আলোর বেগ c হলে প্রত্যেক কণাকে কেন্দ্র করে ct ব্যাসার্ধের ছোট ছোট গোলক কল্পনা করা হয়। ঐ গোলকগুলোই হবে P_1, P_2 প্রভৃতি গৌণ উৎস থেকে সৃষ্ট গৌণ তরঙ্গের অবস্থান। তখন ঐ ছোট গোলকগুলোকে স্পর্শ করে যে গোলীয় তল A_1B_1 পাওয়া যায় তাই হচ্ছে t সেকেন্ড পরে অগ্রসরমান তরঙ্গমুখের অবস্থান।

গ

ডোরা প্রস্থ,

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$$
$$= \frac{7000 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 2 \times 10^{-3}}$$
$$= 1.75 \times 10^{-4} \text{ m } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
চির ব্যবধান, $a = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}\text{m}$
পর্দার দূরত্ব, $D = 1\text{m}$
আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 7000\text{Å} = 7000 \times 10^{-10}$ m

ঘ

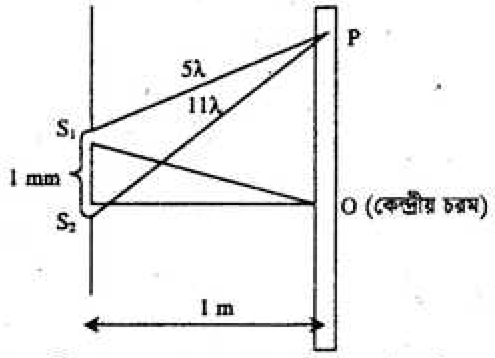
লেন্স প্রস্তুতকারকের সমীকরণ হতে,

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$
বা, $\frac{1}{20} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{15} - \frac{1}{30}\right)$
বা, $\frac{1}{20} = (\mu - 1).\frac{1}{10}$
বা, $\frac{1}{2} = \mu - 1$
$\therefore \mu = 1.5$ **(Ans.)**

এখানে,
১ম পৃষ্ঠের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 15\text{cm}$
২য় " " $r_2 = -30\text{cm}$
ফোকাস দূরত্ব, $f = 20\text{cm}$
প্রতিসরণাংক, $\mu = ?$

অতএব, বায়ুতে লেন্সটির প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶১৮



ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 3800Å।

[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. আলোর সমবর্তন কী? ১
খ. অপবর্তন এক প্রকার ব্যতিচার— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. O এবং P বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব কত? ৩
ঘ. সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি 1.30 প্রতিসরণাঙ্কের কোন মাধ্যমে করা হলে ডোরা প্রস্থের কী পরিবর্তন হবে?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ সকল তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গসহ বেশকিছু যান্ত্রিক তরঙ্গ (যেমন শব্দ) এমনভাবে শক্তি সঞ্চালিত করে যেন, তরঙ্গ সঞ্চারণকারী প্রতিটি কণাই নিজ নিজ উপতরঙ্গ সৃষ্টি করে। এ উপতরঙ্গগুলো মূল তরঙ্গের মতো প্রবল না হলেও এরাও সুযোগমতো ব্যতিচার প্যাটার্ন সৃষ্টি করে। অপবর্তনের কারণেই তীক্ষ্ম ধারের কাছে এসে তরঙ্গগুলো বেঁকে যায়।

অপবর্তন এক প্রকার ব্যতিচার। তবে সাধারণ ব্যতিচারের মতো এক্ষেত্রে উজ্জ্বল ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হয় না।

গ P বিন্দুর ক্ষেত্রে আলোক তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য
$= 11\lambda - 5\lambda = 6\lambda$
সুতরাং P হলো 6-তম উজ্জল ডোরার অবস্থান
দেওয়া আছে, চিরদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, $a = 1 \text{ mm} = 10^{-3}$ m
চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব, $\Delta = 1\text{m}$
এবং ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800 \text{ Å} = 3.8 \times 10^{-7}$ m

$$\therefore \text{ ডোরা ব্যবধান, } \Delta z = \frac{\lambda D}{a} = \frac{3.8 \times 10^{-7} \text{ m} \times 1\text{m}}{10^{-3} \text{ m}}$$
$$= 3.8 \times 10^{-4} \text{ m}$$
$$\therefore OP = 6\Delta z = 6 \times 3.8 \times 10^{-4} \text{ m} = 22.8 \times 10^{-4} \text{ m } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় ডোরাপ্রস্থ, $\Delta x = \frac{\Delta z}{2} = \frac{3.8 \times 10^{-4} \text{ m}}{2}$
$= 1.9 \times 10^{-4}$ m

আমরা জানি, $\Delta x = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{CD}{f(2a)}$ [শূন্য মাধ্যমে, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$]

μ প্রতিসরাঙ্কের মাধ্যমে পরীক্ষাটি করা হলে আলোর বেগ হবে, $c' = \frac{c}{\mu}$

সেক্ষেত্রে, $\Delta x' = \frac{c'D}{f(2a)} = \frac{cD}{\mu f(2a)}$

$$\therefore \frac{\Delta x'}{\Delta x} = \frac{CD}{\mu f(2a)} \times \frac{f(2a)}{CD} = \frac{1}{\mu}$$
$$\therefore \Delta x' = \frac{\Delta x}{\mu} = \frac{1.9 \times 10^{-4} \text{ m}}{1.3} = 1.46 \times 10^{-4} \text{ m}$$

সুতরাং, সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি 1.30 প্রতিসরণাংকের কোনো মাধ্যমে করা হলে ডোরা প্রস্থ পূর্বের তুলনায় 1.30 গুণ কমে যাবে।

প্রশ্ন ▶১৯ হাসান ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 0.03 mm দূরত্বে অবস্থিত দুটি চিরের ব্যবধান নিয়ে পর্যবেক্ষণ করছে। চির হতে পর্দা 1m দূরত্বে থাকায় তৃতীয় চরম কেন্দ্রীয় চরম হতে 4mm দূরত্ব পাওয়া গেল।

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. প্রিজম কাকে বলে? ১
খ. বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক হলে ডোরার ব্যবধান বর্তমান ডোরার প্রস্থের সমান হবে কি-না গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি স্বচ্ছ বস্তুকে যদি ছয়টি আয়তক্ষেত্রিক তল দ্বারা এমনভাবে সীমাবদ্ধ করা হয় যে, যে কোনো দুই জোড়া বিপরীত তল সমান্তরাল,

কিন্তু অপর যেকোনো দুটি তল সমান্তরাল না হয়ে পরস্পর আনত অবস্থায় থাকে তাহলে তাকে প্রিজম বলে।

খ আলোর বিক্ষেপন ধর্মের কারণে বাতাসে উপস্থিত অণু, পরমাণু ও ধূলিকণা দ্বারা আলো চতুর্দিকে বিক্ষিপ্ত হওয়ার যোগ্যতা লাভ করে। এই বিক্ষেপনের মাত্রা নির্ভর করে আলোর কম্পাঙ্কের ওপর। লাল বর্ণের আলোর কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম বিধায় লাল বর্ণ কম বিক্ষিপ্ত হয় এবং দূর থেকে অধিকতর দৃশ্যমান হয়। এই কারণে বিপদ সংকেতে লাল রং ব্যবহার করা হয়।

গ এখানে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.03mm = 0.03 \times 10^{-3}m$

কেন্দ্রীয় চরম হতে তৃতীয় চরমের দূরত্ব, $x_n = 4mm = 4 \times 10^{-3}m$

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $x_n = n\dfrac{\lambda D}{a}$

বা, $\lambda = \dfrac{ax_n}{nD}$

বা, $\lambda = \dfrac{0.03 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-3}}{3 \times 1}$ [তৃতীয় চরমের ক্ষেত্রে $n = 3$]

$\therefore \lambda = 4 \times 10^{-8}m$ **(Ans.)**

ঘ এখানে, প্রথমক্ষেত্রে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D_1 = 1m$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.03 \times 10^{-3}m$

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4 \times 10^{-8}m$

ডোরা প্রস্থ $= \Delta x$ m (ধরি)

আমরা জানি,

$\Delta x = \dfrac{\lambda D_1}{2a}$

বা, $\Delta x = \dfrac{4 \times 10^{-8} \times 1}{2 \times 0.03 \times 10^{-3}}$

$\therefore \Delta x = 6.67 \times 10^{-4}m$

আবার, দ্বিতীয়ক্ষেত্রে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব $D_2 = \dfrac{1}{2}m = 0.5m$

ডোরা ব্যবধান $= \Delta z$ m (ধরি)

আমরা জানি, $\Delta z = \dfrac{\lambda D_2}{a}$

বা, $\Delta z = \dfrac{4 \times 10^{-8} \times 0.5}{0.03 \times 10^{-3}}$

$\therefore \Delta z = 6.67 \times 10^{-4}m$

যা, পূর্বের ডোরা প্রস্থের সমান।

সুতরাং, চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরা ব্যবধান বর্তমানের ডোরা প্রস্থের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ২০ ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4 mm এবং চিড়ের তল থেকে পর্দার দূরত্ব 1m, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে 12 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব 9.3 mm. *[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]*

ক. ফার্মাটের নীতি বিবৃত করো। ১

খ. সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে বিচ্যুতি কোণ আপতন কোণের উপর নির্ভর করে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত একবর্ণী আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত সমস্ত ব্যবস্থাটিকে যদি পানির মধ্যে নেয়া হয় তবে ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে আপতন কোণ (i_1) ক্ষুদ্র হলে নির্গমন কোণও (i_2) ক্ষুদ্র হয়। $\mu = \dfrac{\sin i}{\sin r}$ সূত্রানুসারে এতে r_1 এবং r_2 ও ক্ষুদ্র মানের হয়।

তাহলে $\dfrac{\sin i_1}{\sin r_1} = \dfrac{i_1}{r_1} = \mu$ এবং $\dfrac{\sin i_2}{\sin r_2} = \dfrac{i_2}{r_2} = \mu$

$\therefore i_1 = \mu r_1$ এবং $i_2 = \mu r_2$

$\therefore$ বিচ্যুতি $\delta = i_1 + i_2 - A = \mu r_1 + \mu r_2 - A = \mu(r_1 + r_2) - A$

$= \mu A - A = A(\mu - 1)$

A ও μ ধ্রুবমানের হওয়ায় এটা স্পষ্ট যে, সরু প্রিজমের ক্ষেত্রে (আপতন কোণ ক্ষুদ্র মানের হলে) বিচ্যুতি কোণ ধ্রুবমানের হয় এবং তা আপতন কোণের ওপর নির্ভর করে না।

গ দেওয়া আছে,

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $2d = 0.4mm = 0.4 \times 10^{-3}m$

ডোরার ক্রম সংখ্যা, $n = 12$

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$

কেন্দ্রীয় ডোরা থেকে 12তম উজ্জ্বল ও ডোরার দূরত্ব,

$x_n = 9.3 \times 10^{-3}m$

বের করতে হবে, আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$x_n = \dfrac{n\lambda D}{2d}$

বা, $\lambda = \dfrac{x_n 2d}{nD}$

বা, $\lambda = \dfrac{9.3 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-3}}{12 \times 1}$

বা, $\lambda = 3.1 \times 10^{-7}$ m

$\therefore \lambda = 3100Å$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে, পানির প্রতিসরাঙ্ক $_a\mu_w = 1.33$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $2d = 0.4$ mm

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$

"গ" হতে পাই, বায়ু মাধ্যমে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_a = 3.1 \times 10^{-7}$ m

পানিতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_w হলে,

$_a\mu_w = \dfrac{\lambda_a}{\lambda_w}$

বা, $\lambda_w = \dfrac{\lambda_a}{_a\mu_w}$

বা, $_a\mu_w = \dfrac{3.1 \times 10^{-7}}{1.33}$

$\therefore \lambda_w = 2.33 \times 10^{-7}$ m

আবার, পানিতে ডোরার প্রস্থ $b' = \dfrac{D\lambda_w}{2 \times 2d} = \dfrac{1 \times 2.33 \times 10^{-7}}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}}$

$= 2.9 \times 10^{-4}m$

অন্যদিকে, বায়ুতে ডোরার প্রস্থ, $b = \dfrac{D\lambda a}{2 \times 2d} = \dfrac{1 \times 3.1 \times 10^{-7}}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}}$

$= 3.875 \times 10^{-4}m.$

অতএব, ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন,

$\Delta b = b - b'$

$= 3.874 \times 10^{-4} - 2.9 \times 10^{-4} = 9.74 \times 10^{-5}$ m

সুতরাং, উদ্দিপকে বর্ণিত সমস্ত যান্ত্রিক ব্যবস্থাটিকে যদি পানির মধ্যে নেওয়া হয়, তবে ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন হবে এবং 9.74×10^{-5}m হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ২১ ইয়ংয়ের দ্বি-চির পরীক্ষায় চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 2mm। চিড় হতে পর্দার দূরত্ব 1m। চিড় দুটিকে একবর্ণী আলো দ্বারা আলোকিত করলে পর্দায় ব্যতিচার সৃষ্টি হয়। উক্ত ব্যতিচারের পরপর একটি উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.3mm। *[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]*

ক. চৌম্বক ফ্লাক্স কী? ১

খ. যে মাধ্যমের প্রতিসরণাংক যত বেশি সেই মাধ্যমের আলোকীয় ঘনত্ব তত বেশি কেন? ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত একবর্ণী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের পরীক্ষণে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 12 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব ডোরার প্রস্থের 12 গুণ হবে কিনা– তা গাণিতিকভাবে বের করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তলের ক্ষেত্রফল এবং ঐ তলের লম্ব বরাবর চৌম্বক ক্ষেত্রের উপাংশের গুণফলকে ঐ তলের সাথে সংশ্লিষ্ট চৌম্বক ফ্লাক্স বলে। একে ϕ দ্বারা প্রকাশ করা হয় যেখানে, $\phi = \vec{A} \cdot \vec{B}$।

খ কোনো মাধ্যমের আলোকীয় ঘনত্ব বেশি মানে সেই মাধ্যমে আলোর বেগ তুলনামূলক কম হবে। মাধ্যমে আলোর বেগের সাথে আলোকীয় ঘনত্বের সম্পর্ক ব্যস্তানুপাতিক।

আবার আমরা জানি, $\mu_b = \frac{c}{c_b}$ বা, $\mu_b \propto \frac{1}{c_b}$

অর্থাৎ কোনো মাধ্যমের প্রতিসরণাংক ঐ মাধ্যমে আলোর বেগের ব্যস্তানুপাতিক। সুতরাং মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বেশি হলে আলোর বেগ কমে অর্থাৎ মাধ্যমের আলোকীয় ঘনত্ব বাড়ে।

গ এখানে, চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $a = 2mm = 2 \times 10^{-3}$ m

পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$

প্রস্থ, $\Delta x = 0.30mm = 0.3 \times 10^{-3}m$

$\therefore$ তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = \frac{\Delta x \times a \times 2}{D}$

$= \frac{0.3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3} \times 2}{1}$

$= 1.2 \times 10^{-6}$ m **(Ans.)**

ঘ জানা আছে, কেন্দ্রীয় ডোরা থেকে n তম উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$x_n = \frac{nD\lambda}{a}$

বা, $x_n = (2n)\left(\frac{D\lambda}{2a}\right)$

বা, $x_n = 2n\,\Delta x$

বা, $\frac{x_n}{\Delta x} = 2n$

বা, $\frac{x_{12}}{\Delta x} = 2 \times 12$

$= 24$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 2mm = 0.002m$
পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$,
ডোরার প্রস্থ, $\Delta x = 0.3mm = 0.0003m$

অতএব, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 12 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব ডোরা প্রস্থের 12 গুণ নয় বরং 24 গুণ।

প্রশ্ন ▶২২ পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের পরীক্ষাগারে শিক্ষার্থীরা আলোর ব্যতিচার ধর্ম পর্যবেক্ষণ করছিল। এ সময় তারা দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করে 5500Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের দুটি তরঙ্গ নিঃসৃত করল যাদের পথ পার্থক্য ছিল 11000Å। *[আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ]*

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কী? ১

খ. ধারকে কীভাবে শক্তি সঞ্চিত হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে ফোটনের শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত পথ-পার্থক্য নিয়ে তরঙ্গদ্বয়ের উপরিপাতন ঘটলে কী ধরনের ব্যতিচার সংঘটিত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরা বৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ ধারকে শক্তি সঞ্চয় করতে হলে ধারকে কিছু চার্জ জমা করতে হবে। এ চার্জ ধারকে একবারে দেয়া সম্ভব নয়। একটু একটু করে চার্জ জমা করতে হয়। কারণ এটি কিছু চার্জ লাভ করার পর পরবর্তী চার্জ প্রদানে বাধা দেয়। তাই কোনো ধারককে চার্জিত করতে কিছু কাজ করতে হয় বা কিছু শক্তি ব্যয় হয়। এ ব্যয়িত শক্তি ধারকে তড়িৎ শক্তি হিসেবে জমা থাকে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶২৩ নওশিন পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করে ব্যতিচারের পরীক্ষা করছিল। সে দেখল তরঙ্গ দুটি একই দশায় নিঃসৃত হলো। প্রত্যেকটি তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 6000Å ছিল। *[অগ্রণী স্কুল এন্ড কলেজ, রাজশাহী]*

ক. হাইগেনের নীতিটি লিখো। ১

খ. একক রেখাছিত্র দ্বারা সৃষ্ট ফ্রনহফার অপবর্তন ঝালরের চরম ও অবম বিন্দুর শর্ত কী ব্যাখ্যা করো। ২

গ. যে কোনো একটি তরঙ্গ কাঁচে প্রবেশের ফলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য এবং তরঙ্গস্থিত ফোটনের শক্তি কত হবে? ৩

ঘ. বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যকার পথ-পার্থক্য 15000Å হলে এদের শেষ বিন্দু দুটির মধ্যে দশা পার্থক্য কত হবে? এই দশা পার্থক্য নিয়ে উপরিপাতন ঘটলে কী ধরনের ব্যতিচার হবে– গাণিতিক যুক্তি সহকারে মতামত ব্যক্ত করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত সব বিন্দুকে এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ একক রেখাছিত্রে ফ্রনহফার ব্যতিচার ঝালরে কেন্দ্রীয় পট্টি সর্বদা উজ্জ্বল। কিন্তু ফ্রেনেল ব্যতিচার ঝালরের কেন্দ্রীয় পট্টি উজ্জ্বল কিংবা অন্ধকার হতে পারে। যা নির্ভর করে একক রেখাছিত্রে অর্ধপর্যায়কাল অঞ্চলের সংখ্যার উপর।

একক রেখাছিত্র দ্বারা সৃষ্ট ফ্রনহফার অপবর্তন ঝালরের চরমের শর্ত:

$a \sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$; $n = 1, 2, 3, \ldots$ ইত্যাদি

এবং অবমের শর্ত: $a \sin\theta = n\lambda$; $n = 1, 2, 3, \ldots$ ইত্যাদি

গ তরঙ্গ কাঁচে প্রবেশের পর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

$_a\mu_g = \frac{C_a}{C_g}$

বা, $_a\mu_g = \frac{f\lambda_a}{f\lambda_g}$

বা, $_a\mu_g = \frac{\lambda_a}{\lambda_g}$

বা, $\lambda_g = \frac{\lambda_a}{_a\mu_g}$

$= \frac{6000}{1.5}$

$= 4000$Å. **(Ans.)**

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_o = 6000$Å
কাচের প্রতিসরাঙ্ক, $_a\mu_g = 1.5$

আলোক তরঙ্গ এক মাধ্যম হতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করলেও কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকে। ফলে শক্তি অপরিবর্তিত থাকে।

তরঙ্গের ফোটনের শক্তি বায়ু মাধ্যমে E_o ও কাঁচে E_g হলে,

$E_g = E_o = \frac{hc_o}{\lambda_o}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6000 \times 10^{-10}}$

$= 3.315 \times 10^{-19}$ J

$= 2.07$ eV **(Ans.)**

এখানে,
বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_o = 6000$ Å
$= 6000 \times 10^{-10}$ m

ঘ পথপার্থক্য, $\Delta x = 15000$Å বা 15000×10^{-10} m ও দশা পার্থক্য, $\Delta\varphi$ হলে,

$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x$

$= \frac{2\pi}{6000 \times 10^{-10}} \times 15000 \times 10^{-10}$

$= 5\pi$ rad. যা π rad পরিমাণ দশা-পার্থক্যের সমতুল্য।

এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6000$Å
$= 6000 \times 10^{-10}$ m

এই দশাপার্থক্য নিয়ে উপরিপাতন ঘটলে পথপার্থক্য, $\Delta x = \frac{\lambda}{2\pi} \times \Delta\varphi$

$= \frac{\lambda}{2\pi} \times 5\pi$

$= 5\frac{\lambda}{2}$

অর্থাৎ, পথপার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর বিজোড় গুণিতক। যেহেতু পথপার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর বিজোড় গুণিতক হলে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হয়। এক্ষেত্রেও ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার ঘটবে।

প্রশ্ন ▶ ২৪ দুটি সুসজ্জাত আলোক উৎস নিয়ে ব্যতিচার পরীক্ষায় দেখা গেল যে, 6000Å তরঙ্গ দুটি একই দশায় মিলিত হচ্ছে। বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে পথ পার্থক্য 9000Å হলে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সৃষ্টি হয়। *[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কী? ১
খ. দুটি ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২
গ. একটি তরঙ্গ কাঁচে প্রবেশ করলে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত হবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের ব্যতিচার সৃষ্টির যথার্থতা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি অপবর্তন গ্রেটিং এর প্রতিটি চিরের প্রস্থ এবং প্রতিটি দাগের প্রস্থের যোগফলকে গ্রেটিং ধ্রুবক বা গ্রেটিং উপাদান বলে।

খ ইয়ংয়ের দ্বি-চিড় পরীক্ষায় দু'টি ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর ওপর নির্ভর করে।
i. ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য
ii. দ্বি-চির থেকে পর্দার দূরত্ব।
iii. চির দু'টির মধ্যবর্তী দূরত্ব।

গ

কাঁচে আলোর বেগ,

$c' = \frac{c}{n}$

$\Rightarrow f\lambda' = \frac{f\lambda}{n}$

$\therefore \lambda' = \frac{\lambda}{n}$

$= \frac{6000}{1.5}$ Å

$= 4000$Å **(Ans.)**

এখানে,
বায়ুতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 6000$Å
কাঁচের প্রতিসরণাংক, $n = 1.5$

ঘ আমরা জানি, দুটি সুসংগত তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য যদি $\left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ হয় তবে তাদের মধ্যে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হয়।

উদ্দীপক অনুযায়ী, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য = 6000Å
এবং তরঙ্গদ্বয়ের মধ্যে বায়ু মাধ্যমে পথপার্থক্য = 9000Å

$= \left(1 + \frac{1}{2}\right) \times 6000$Å

[এখানে, n = 1 ধরি]

অর্থাৎ, পথপার্থক্য = 9000Å এর জন্য প্রথম ক্রমের ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সংঘটিত হয়।
ফলে, উদ্দীপকের ব্যতিচার সৃষ্টির ঘটনাটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ২৫ ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় চিড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4mm। পর্দা থেকে চিড় দুটির দূরত্ব 1m। বায়ু মাধ্যমে পরীক্ষায় উৎপন্ন কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি হতে ৭ম উজ্জ্বল পট্টির দূরত্ব 6.4mm। পুনরায় সম্পূর্ণ ব্যবস্থাটিকে পানির মধ্যে স্থাপন করে পর্যবেক্ষণ করা হলো $\left({}_a\mu_w = \frac{4}{3}\right)$। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]*

ক. ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. জটিল ও সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের পার্থক্য লিখো। ২
গ. পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ব্যবস্থাটি পানির মধ্যে থাকলে পট্টি বা ঝালরের কী পরিবর্তন হবে? বিশ্লেষণ করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রিজমের মধ্য দিয়ে আলো প্রতিসরণের সময় আপতন কোণের একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য বিচ্যুতি কোণ সর্বনিম্ন হয়, যা অপেক্ষা কম মানের বিচ্যুতি পাওয়া কখনোই সম্ভব নয়। বিচ্যুতি কোণের এ সর্বনিম্ন মানকে ন্যূনতম বিচ্যুতি বলে।

খ জটিল ও সরল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো।

সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্র	জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্র
১. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে একটি মাত্র উত্তল লেন্স ব্যবহৃত হয়।	১. জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দুটি উত্তল লেন্স ব্যবহৃত হয়।
২. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে কোন অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্র থাকে না।	২. জটিল অণুবীক্ষণ যন্ত্রে অভিলক্ষ্য ও অভিনেত্র থাকে।
৩. ছোট লক্ষবস্তু দেখার জন্য ব্যবহৃত হয়।	৩. অত্যন্ত ক্ষুদ্র লক্ষবস্তুর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।
৪. বিবর্ধন, $M = 1 + \frac{D}{f}$	৪. বিবর্ধন, $M = -\frac{v}{u}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$

গ এখানে,
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.4$ mm
$= 0.4 \times 10^{-3}$ m
চিড় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1$m
উজ্জ্বল পট্টির ক্রম, $n = 7$
পট্টির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $\Delta x = 6.4$ mm
$= 6.4 \times 10^{-3}$ m
আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $\Delta x = \frac{n\lambda D}{a}$

বা, $\lambda = \frac{a\Delta x}{nD}$

$= \frac{0.4 \times 10^{-3} \times 6.4 \times 10^{-3}}{7 \times 1}$

$= 3657 \times 10^{-10}$ m

$= 3657$ Å **(Ans.)**

ঘ এখানে, বায়ুতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_a = 3657$ Å (গ হতে)
বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরাঙ্ক, ${}_a\mu_w = \frac{4}{3}$

পানিতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_w হলে,

$${}_a\mu_w = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$$

∴ বায়ুতে ঝালরের প্রস্থ, Δx_a হলে

$$\Delta x_a = \frac{\lambda_a D}{2a}$$

এবং পানিতে ঝালরের প্রস্থ Δx_w হলে,

$$\Delta x_w = \frac{\lambda_w D}{2a} = \frac{\frac{\lambda_a}{{}_a\mu_g} D}{2a} = \frac{1}{{}_a\mu_g}\frac{D\lambda}{2a} = \frac{3}{4}\Delta x_a$$

∴ সমগ্র ব্যবস্থাটি পানিতে নিয়ে গেলে ঝালরের প্রস্থ পূর্বের $\frac{3}{4}$ বা $\frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$ হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶২৬ একটি সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং এর চিড় ও দাগের ভেদ যথাক্রমে 0.00004mm এবং 0.00002 mm। একটি পরীক্ষায় গ্রেটিংটিতে 7×10^{-7} তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হলো।

[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

ক. অপটিক্যাল টেলিস্কোপ কাকে বলে? ১

খ. সাদা আলো প্রিজমে বিচ্ছুরিত হয় কেন? ২

গ. দ্বিতীয় ক্রমের উজ্জ্বলতার অপবর্তন কোণ বের কর? ৩

ঘ. এই পরীক্ষায় সর্বোচ্চ কতক্রমের উজ্জ্বল রেখা পাওয়া সম্ভব? গাণিতিক বিশ্লেষণে মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্রের সাহায্যে দূরের বস্তুকে আলোর প্রতিফলন বা প্রতিসরণ ক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে স্পষ্টভাবে পর্যবেক্ষণ করা যায় তাকে অপটিক্যাল টেলিস্কোপ বলে।

খ আমরা জানি, একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর জন্য কোনো মাধ্যমের প্রতিসরাংক একটি ধ্রুব সংখ্যা। কিন্তু বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য এই সংখ্যা বিভিন্ন। বিভিন্ন বর্ণের আলোর প্রতিসরাঙ্ক বিভিন্ন হওয়ায় আলো এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে প্রতিসরণের সময় একই কোণে আপতিত হলেও বিভিন্ন বর্ণের প্রতিসরণ কোণ বিভিন্ন হয়। ফলে বর্ণগুলো পরস্পর থেকে আলাদা হয়ে পড়ে। প্রিজমে আলো প্রতিসরণের ক্ষেত্রে দুই বার ভূমির দিকে বেঁকে যায়। তাই বিভিন্ন আলোক রশ্মির জন্য আপতন কোণ এক হলেও নির্গমন কোণ i_2 ভিন্ন হয়। আমরা জানি প্রিজমের বিচ্যুতি, $\delta = (i_1 + i_2) - A$। i_2 ভিন্ন হওয়ার কারণে বিভিন্ন বর্ণের বিচ্যুতি ভিন্ন হয়। এ কারণে সাদা আলো প্রিজমের মধ্যদিয়ে প্রতিসরণের সময় বিচ্ছুরিত হয়।

গ দ্বিতীয় ক্রমের উজ্জ্বলতার অপবর্তন কোণ θ হলে,

এখানে,
চিড়ের বেধ, $a = 0.00004$ mm
দাগের বেধ, $b = 0.00002$ mm
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 7 \times 10^{-7}$m
উজ্জ্বলতার ক্রম, $n = 2$

$$(a + b)\sin\theta = n\lambda$$

বা, $\sin\theta = \frac{n\lambda}{a+b} = \frac{2 \times 7 \times 10^{-7}}{4 \times 10^{-8} + 2 \times 10^{-8}}$

$= 23.33$, যা সম্ভব নয়, কারণ, $-1 \le \sin\theta \le 1$

তাই উক্তক্ষেত্রে দ্বিতীয় ক্রমের উজ্জ্বলতা পাওয়া যাবে না।

ঘ উদ্দীপকের প্রদত্ত তথ্য হতে দেখা যায়

$$d = a + b = 0.00004 \text{ mm} + 0.00002\text{mm} = 6 \times 10^{-8}\text{m}$$

যা আপতিত আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 7×10^{-7} অপেক্ষা কম। কিন্তু অপবর্তন গ্রেটিং যে অপবর্তনের জন্য চিড় ও দাগের বেধ আপতিত আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড় অথবা সেই ক্রমের হতে হয়। তাই এক্ষেত্রে অপবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶২৭ ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 0.03mm দূরত্বে অবস্থিত দুটি চিরের ব্যবস্থা নিয়ে একজন ছাত্র পর্যবেক্ষণ করছে। চির হতে পর্দা 1m দূরত্বে থাকলে কেন্দ্রীয় চরম হতে তৃতীয় চরমের দূরত্ব পাওয়া গেল 4mm।

[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]

ক. পোলারায়ন কী? ১

খ. সাদা আলো কাচ প্রিজমে প্রবেশ করলে বর্ণালী সৃষ্টি হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরার ব্যবধান বর্তমান ডোরা প্রস্থের সমান হবে কিনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তরঙ্গের কম্পনের উপর যদি এমন শর্ত আরোপ করা হয় যে কম্পন কেবল একটি নির্দিষ্ট দিকে বা তলেই সীমাবদ্ধ থাকে তবে তাকে পোলারায়ন বলে।

খ আলোক রশ্মি যখন এক স্বচ্ছ মাধ্যম হতে অপর স্বচ্ছ মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতলে আলোকরশ্মি বেঁকে যায়। এই বাঁকার পরিমাণ মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি ও আলোর রঙের উপর নির্ভর করে। সূর্যের সাদা আলো সাতটি রঙের সমন্বয়ে সৃষ্টি। তাই সূর্যের সাদা আলো যখন কোনো প্রিজমের মধ্যে প্রবেশ করে তখন প্রতিসরণের ফলে রশ্মির গতিপথ বেঁকে যায়। শূন্য মাধ্যমে সকল বর্ণের আলোর বেগ সমান হলেও অন্য যেকোন মাধ্যমে এক এক বর্ণের আলোর বেগ এক এক রকম হয়। এ কারণে একই মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন রঙের আলোর জন্য ভিন্ন ভিন্ন হয়। প্রতিসরণাঙ্কের ভিন্নতার কারণে ভিন্ন ভিন্ন রঙের আলোর বাঁকার পরিমাণও ভিন্ন ভিন্ন হয়। ফলে প্রিজমের মধ্যে সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিশ্লিষ্ট হয় এবং এই বিশ্লিষ্ট অবস্থাতেই প্রিজম হতে নির্গত হয়। ফলে আমরা বর্ণালী দেখতে পাই।

সুতরাং বলা যায়, বিভিন্ন বর্ণের আলোর জন্য মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্কের ভিন্নতার জন্য বর্ণালী সৃষ্টি হয়।

গ এখানে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1$m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.03\text{mm} = 0.03 \times 10^{-3}$m
কেন্দ্রীয় চরম হতে তৃতীয় চরমের দূরত্ব, $x_n = 4\text{mm} = 4 \times 10^{-3}$m
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $x_n = n\frac{\lambda D}{a}$

বা, $\lambda = \frac{a x_n}{nD}$

বা, $\lambda = \frac{0.03 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-3}}{3 \times 1}$ [তৃতীয় চরমের ক্ষেত্রে $n = 3$]

∴ $\lambda = 4 \times 10^{-8}$m **(Ans.)**

ঘ এখানে,

প্রথমক্ষেত্রে,
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D_1 = 1$m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.03 \times 10^{-3}$m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4 \times 10^{-8}$m
ডোরা প্রস্থ, $= x$ m (ধরি)

আমরা জানি,

$$x = \frac{\lambda D_1}{2a}$$

বা, $x = \frac{4 \times 10^{-8} \times 1}{2 \times 0.03 \times 10^{-3}}$

∴ $x = 6.67 \times 10^{-4}$m

আবার, দ্বিতীয়ক্ষেত্রে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D_2 = \frac{1}{2}m = 0.5m$

ডোরা ব্যবধান = Δx m (ধরি)

আমরা জানি, $\Delta x = \frac{\lambda D_2}{a}$

বা, $\Delta x = \frac{4\times10^{-8}\times0.5}{0.03\times10^{-3}}$

$\therefore \Delta x = 6.67\times10^{-4}m$

যা, পূর্বের ডোরা প্রস্থের সমান।

সুতরাং, চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরা ব্যবধান বর্তমানের ডোরা প্রস্থের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶২৮ সামিয়া এবং লামিয়া ল্যাবরেটিতে অপবর্তন গ্রেটিং নিয়ে পরীক্ষণ কাজ করছিল। সামিয়ার গ্রেটিংটিতে দাগের সংখ্যা $6000cm^{-1}$ আর লামিয়ারটিতে $1.25\times10^5cm^{-1}$। সামিয়া তার গ্রেটিংকে আলোকিত করার জন্য ব্যবহার করলো 5896 Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো এবং লামিয়ার ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যে হলো 2000Å। তারা তাদের পরীক্ষণে প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় চরম দেখতে পেল এবং তাদের স্যারকে দেখালো। স্যার লামিয়াকে তার পরীক্ষণে এমন পরিবর্তন আনতে বললেন, যাতে সামিয়া ও লামিয়া একই অপবর্তন কোণে দ্বিতীয় চরম পেয়ে থাকে। *[রাঙামাটি সরকারি কলেজ]*

ক. সমবর্তন কী? ১

খ. সমবর্তিত আলোর সম্মুখে একটি টুরমালিন কেলাস ঘোরালে নির্গত আলোর তীব্রতা পরিবর্তন হয় কেন? ২

গ. সমিয়ার পরীক্ষণে প্রথম চরমের জন্য অপবর্তন কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লামিয়া কর্তৃক তার পরীক্ষণে আনা পরিবর্তন উদঘাটন করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ টুরমালিন কেলাস হল এক ধরনের সমবর্তন বিশ্লেষক। আমরা জানি কোন সমাবর্তকের মধ্য দিয়ে সমবর্তিত আলো অতিক্রম করলে নির্গত আলোর তীব্রতা $I \propto \cos^2\theta$ অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়, যেখানে θ = সমবর্তিত আলোর তল ও সমাবর্তক এর সমবর্তন অক্ষ এর মধ্যবর্তী কোণ। যেহেতু টুরমালিন কেলাসটি ঘুরালে টুরমালিনের সমবর্তন অক্ষ এবং আলোর তলের মধ্যবর্তী কোণ পরিবর্তিত হতে থাকে। তাই আলোর তীব্রতা পরিবর্তিত হতে থাকে।

গ

$\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda$

$\Rightarrow \sin\theta = 6\times10^5\times5896\times10^{-10}$

$\therefore \theta = 20.72°$ **(Ans.)**

দেওয়া আছে, সামিয়ার ক্ষেত্রে,
গ্রেটিং সংখ্যা, $N = 600\ cm^{-1} = 6\times10^5m^{-1}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = 5896Å = 5896\times10^{-10}m$
ক্রম, n = 1

ঘ

আমরা জানি, দ্বিতীয় চরমের জন্য

$\frac{1}{N}\sin\theta = 2\lambda$

$\therefore \sin\theta = 2N\lambda$

∴ একই অপবর্তন কোণের জন্য

$N\lambda$ = ধ্রুবক

ধরি, লামিয়া ও সামিয়া একই কোণে দ্বিতীয় অপবর্তন দেখতে পাবে যদি লামিয়া তার গ্রেটিং অথবা ব্যবহৃত আলো পরিবর্তন করে।

দেওয়া আছে,
লামিয়ার গ্রেটিং সংখ্যা,
$N_l = 1.25\times10^7m^{-1}$
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_l = 2000Å = 2\times10^{-7}m$
সামিয়ার গ্রেটিং সংখ্যা,
$N_s = 6\times10^5m^{-1}$
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_s = 5896\times10^{-10}m$

ধরি, লামিয়ার নতুন গ্রেটিং-এ দাগের সংখ্যা = N'_l

$\therefore N_s\lambda_s = N'_l\lambda_l$

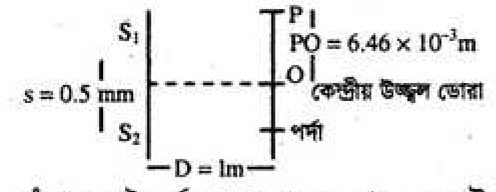
$\therefore N'_l = \frac{N_s\lambda_s}{\lambda_l} = \frac{6\times10^5\times5896\times10^{-10}}{2\times10^{-7}} = 17,688\ cm^{-1}$

আবার, লামিয়া যদি ভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করতে চায়,

$\lambda'_l = \frac{Ns\lambda_s}{N_l} = \frac{6\times10^5\times5896\times10^{-10}}{1.25\times10^7} = 283Å$

লামিয়া $17,688cm^{-1}$ দাগসংখ্যার গ্রেটিং অথবা 283Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে কাঙ্খিত পরিবর্তন আনতে পারে।

প্রশ্ন ▶২৯ চিত্রটি লক্ষ করো এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



উদ্দীপকে 3800Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষা সম্পন্ন করা হচ্ছে। চিত্রে $S_1S_2 = 0.5$ mm, $OP = 6.46\times10^{-3}$ m, D = 1m. *[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ]*

ক. ফার্মাটের নীতি লিখ। ১

খ. সাদা আলো প্রিজমের মধ্য দিয়ে যাবার সময় বিচ্ছুরিত হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে পঞ্চম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার না ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও? ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

৩ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৩০ একটি সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং বেগুণী বর্ণের আলোর জন্য ২য় ক্রমে 30° কোণ উৎপন্ন করে। বেগুণী বর্ণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $\lambda_v = 4000Å$, লাল বর্ণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $\lambda_R = 8000Å$। *[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]*

ক. সুপার নোভা কী? ১

খ. অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা তাপমাত্রার সাথে কিভাবে এবং কেন পরিবর্তিত হয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রতিটি চিরের বেধ 1μm হলে স্বচ্ছ রেখার বেধ কত হবে? ৩

ঘ. বেগুণী বর্ণের পরিবর্তে লাল বর্ণ ব্যবহারের ফলে অপবর্তন ঝালরের প্রসস্ততা বৃদ্ধি পাবে কি? বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সূর্যের ভরের তুলনায় অনেক ভারী নক্ষত্রগুলো জ্বালানী শেষ হলে এর ভিতর সংকোচন অত্যন্ত তীব্র হয় এবং মূল অংশের ঘনত্ব এত বেড়ে যায় যে, প্রচণ্ড বিস্ফোরণের মধ্য দিয়ে এরা মৃত্যুবরণ করে। এই প্রচণ্ড বিস্ফোরণকে সুপার নোভা বলে।

খ অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেক্ট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙ্গে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ স্বচ্ছ রেখার বেধ, b হলে

$(a + b)\sin\theta_2 = n\lambda$

বা, $a + b = \frac{n\lambda}{\sin\theta_2}$

$\therefore b = \frac{n\lambda}{\sin\theta_2} - a$

$= \frac{2\times4000\times10^{-10}}{\sin 30°} - 1\times10^{-6}$

$= 6\times10^{-7}$ m

$= 0.6\ \mu m$ **(Ans.)**

এখানে,
উজ্জ্বলতার ক্রম, n = 2
উৎপন্ন কোণ, $\theta_2 = 30°$
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 4000Å$
চিরের বেধ, $a = 1\mu m = 1\times10^{-6}m$

ঘ বেগুনী বর্ণের ক্ষেত্রে প্রথম ক্রমের চরমের জন্য কেন্দ্রীয় চরম হতে কৌণিক দূরত্ব θ_1 হলে,

$d\sin\theta_1 = \lambda_v$

বা, $\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda_v}{d}\right)$

$= \sin^{-1}\left(\frac{4000 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-6}}\right)$

$= 14.47°$

এখানে,
বেগুনী বর্ণের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
$\lambda_v = 4000\text{Å} = 4000 \times 10^{-10}$
গ্রেটিং ধ্রুবক,
$d = a + b = (1 + 0.6)\mu m$
$= 1.6 \times 10^{-6}m$

ফলে প্রথম ক্রমের জন্য কৌণিক দূরত্ব $= 2\theta_1$
$= 28.94°$

আবার, লাল বর্ণের ক্ষেত্রে প্রথম ক্রমের চরমের জন্য কেন্দ্রীয় চরম হতে কৌণিক দূরত্ব, θ_1' হলে,

$d\sin\theta_1' = \lambda_R$

বা, $\theta_1' = \sin^{-1}\left(\frac{\lambda_R}{d}\right)$

$= \sin^{-1}\left(\frac{8000 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-6}}\right)$

$= 30°$

∴ প্রথম ক্রমের জন্য কৌণিক দূরত্ব $= 2\theta_1'$
$= 2 \times 30°$
$= 60°$

∴ কৌণিক দূরত্ব বৃদ্ধি পেল $= 60° - 28.96°$
$= 31.06°$

ফলে বগুনী বর্ণের পরিবর্তে লাল বর্ণের আলোক তরঙ্গ ব্যবহার করলে ঝালরের প্রশস্তত্ব বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶৩১ ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব $6.25 \times 10^{-5}m$। চিড় দুটি হতে পর্দার দূরত্ব 0.8m আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য $6.25 \times 10^{-7}m$ এবং কোনো একটি সমতল নিঃসরণ গ্রেটিং এর প্রতি সেন্টিমিটারে দাগ সংখ্যা 6000।

[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

ক. সুসজ্জাত উৎস কী? ১

খ. উৎস হতে পর্দার দূরত্ব বেশি হলে ব্যতিচার অবলোকন করা যায় না কেন? ২

গ. চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত? ৩

ঘ. যদি উক্ত আলোক রশ্মিকে গ্রেটিংয়ের উপর আপতিত করা হয় তাহলে সর্বোচ্চ কত ক্রম পর্যন্ত দেখা যাবে–গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি উৎস হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে সুসংগত উৎস বলে।

খ আমরা জানি, ব্যতিচারের ফলে পর্দায় যে ঝালর তৈরি হয় তার প্রস্থ $\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$, যেখানে, D = পর্দা ও উৎসের দূরত্ব। এখন, সমীকরণ হতে দেখা যায়, দূরত্ব বেশি হতে ঝালরের প্রস্থও বেশি হয়। কিন্তু প্রতিটি ঝালরের মোট আলোকশক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই ঝালরের প্রস্থ বেড়ে গেলে তীব্রতা হ্রাস পায় এবং ঝালর অস্পষ্ট হয়ে যায়। তাই পর্দার দূরত্ব খুব বেশি হলে কোনো ব্যতিচার ঝালর অবলোকন করা যায় না।

গ

$\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$

∴ $a = \frac{\lambda D}{\Delta x}$

$= \frac{6.25 \times 10^{-7} \times 0.8}{6.25 \times 10^{-5}}$

$= 0.008m$

$= 8$ mm **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 6.25 \times 10^{-7}m$
দুটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,
$\Delta x = 6.25 \times 10^{-5}m$
পর্দার দূরত্ব, $D = 0.8m$

ঘ

$a\sin\theta = n\lambda$

বা, $n = \frac{a\sin\theta}{\lambda}$

∴ n সর্বোচ্চ হবে যখন $\sin\theta$ সর্বোচ্চ

$\sin\theta$ সর্বোচ্চ হয় যখন, $\theta = 90°$

যখন, $\theta = 90°$ হবে তখন আর ব্যতিচারের কোনো ডোরা পর্যবেক্ষণ করা যাবে না।

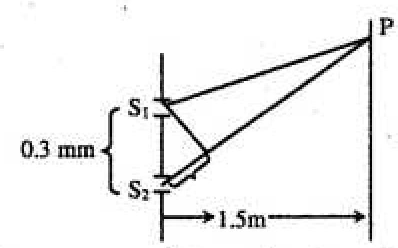
∴ $\frac{1}{6 \times 10^3} \times \sin 90° = n \times 6.25 \times 10^{-7}$

∴ $n = 266.67$

∴ 266 ক্রম পর্যন্ত ব্যতিচার দেখা যাবে।

দেওয়া আছে,
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
$\lambda = 6.25 \times 10^{-7}m$
গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = \frac{1}{N}$
$= \frac{1}{6 \times 10^3}$

প্রশ্ন ▶৩২



উদ্দীপকের দুটি চির হতে 6000Å তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের দুটি তরঙ্গ নির্গত হয়ে P বিন্দুতে মিলিত হয় এবং তরঙ্গাদ্বয়ের পথ পার্থক্য 9500Å চির হতে পর্দার দূরত্ব 1.5m। চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.3 mm.

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. হাইগেন্সের নীতি কী? ১

খ. দুটি একই তড়িৎ ক্ষমতার বাল্ব ব্যতিচার সৃষ্টি করতে পারবে কি? ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ২য় উজ্জ্বল বিন্দুর দূরত্ব কত? ৩

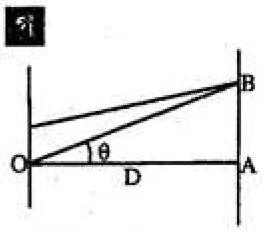
ঘ. P বিন্দুটি উজ্জ্বল হবে নাকি অন্ধকার হবে তা উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গামুখের উপরিস্থিত সব বিন্দুকে এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গামুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।

খ ব্যতিচার সৃষ্টির জন্য শর্ত হল আলোক উৎসদ্বয়কে সুসংগত হতে হবে অর্থাৎ উৎসদ্বয় হতে সমদশায় বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গাদৈর্ঘ্যের দুইটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হতে হবে। সাধারণভাবে দুইটি আলাদা আলোক উৎসকে সুসজ্জাত উৎস হিসেবে বিবেচনা করা যায় না, কেননা যেকোনো একটি উৎসের পরমাণু কর্তৃক নিঃসৃত আলোক তরঙ্গ অন্য উৎসের উপর কোনোভাবেই নির্ভর করে না। তাই দুই ভিন্ন উৎস হতে নির্গত দুইটি আলাদা আলোক তরঙ্গ একটি নির্দিষ্ট দশা পার্থক্য বজায় রাখতে পারে না। ফলে তারা সুসজ্জাত উৎস হিসেবে কাজ করবে না এবং ব্যতিচার সৃষ্টি হবে না। সুতরাং বলা যায়, দুইটি একই রকম বাতি সুসজ্জাত উৎস নয় বিধায় তারা ব্যতিচার ঝালর সৃষ্টি করতে পারে না।

গ



$a\sin\theta = n\lambda$

দেওয়া আছে,
চিরদ্বয়ের দূরত্ব, a = 0.3 mm
পর্দার দূরত্ব, D = 1.5 m
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 6000 \times 10^{-10}m$

$\sin\theta = \frac{n\lambda}{a}$

$= \frac{2 \times 6000 \times 10^{-10}}{0.3 \times 10^{-3}}$

$\Rightarrow \tan\theta = 4 \times 10^{-3} m\ [\because \theta \to 0°]$

$\Rightarrow \frac{AB}{D} = 4 \times 10^{-3}$

$\therefore AB = 1.5 \times 4 \times 10^{-3}$
$= 6 \times 10^{-3}$
$= 6\ mm$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই, S_1 ও S_2 চিরদ্বয় হতে নির্গত আলোক রশ্মিদ্বয়ের পথ পার্থক্য 9500Å

আমরা জানি, দুটি তরঙ্গের মধ্যবর্তী ব্যতিচার গঠনমূলক হবে নাকি ধ্বংসাত্মক হবে তা নির্ভর করে তাদের মধ্যবর্তী পথ পার্থক্যের উপর। গঠনমূলক ব্যতিচার হয় যদি পথপার্থক্য $n\lambda$ হয়।

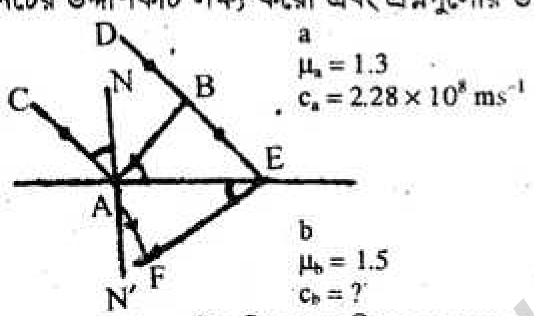
এবং ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার হয় যদি $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$ হয়।

যেহেতু, ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6000$Å

সুতরাং আমরা দেখতে পাই, পথ পার্থক্য = 9500Å অর্ধ-তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জোড় বা বিজোড় কোনো গুণিতকই হয় না। সুতরাং P বিন্দুটি সম্পূর্ণ উজ্জ্বল বা অন্ধকার কোনোটিই হবে না।

তবে 9500Å, 9000Å খুব কাছাকাছি, যা $\frac{\lambda}{2}$ এর বিজোড় গুণিতক। সুতরাং P বিন্দুতে অন্ধকার হবে বেশি, উজ্জ্বলতা হবে অত্যন্ত কম।

প্রশ্ন ▶৩৩ নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



[এম.সি. একাডেমী (মডেল স্কুল ও কলেজ), সিলেট]

ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১

খ. ব্যাতিচার কী? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে দ্বিতীয় (b) মাধ্যমে আলোর বেগ c_b এর গাণিতিক হিসাব করো। ৩

ঘ. হাইড্রোজেনের রীতির সাহায্যে উদ্দীপকের আলোকরশ্মি আলোর প্রতিসরণের সূত্র প্রতিপাদন করা যায় কি? যুক্তি দাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর শক্তিপথকে তরঙ্গামুখ বলে।

খ সুসজ্জাত উৎস থেকে নিঃসৃত দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে কোনো বিন্দুর আলোক তীব্রতা বৃদ্ধি পায় আবার কোনো বিন্দুর তীব্রতা হ্রাস পায়। এর ফলে কোনো তলে পর্যায়ক্রমে আলোকোজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হয়। কোনো স্থানে বিন্দু থেকে বিন্দুতে আলোর তীব্রতার এই পর্যায়ক্রমিক তারতম্যকে আলোর ব্যতিচার বলে।

ব্যাখ্যা: ধরা যাক, একই বিস্তার ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য তথা কম্পাঙ্কবিশিষ্ট দুটি আলোক তরঙ্গ একই রেখা বরাবর কোনো স্থানে অগ্রসর হচ্ছে। কোনো বিন্দুতে তরঙ্গাদ্বয় একই দশায় পৌছালে (অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে উভয় তরঙ্গের তরঙ্গ চূড়া বা তরঙ্গ খাঁজ আপতিত হলে) ঐ বিন্দুতে লব্ধি বিস্তার তরঙ্গদ্বয়ের বিস্তারের সমষ্টির সমান হবে। অপর পক্ষে, কোনো বিন্দুতে তরঙ্গাদ্বয় যদি বিপরীত দশায় মিলিত হয় (অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে একটি তরঙ্গের তরঙ্গ চূড়া অপর তরঙ্গের তরঙ্গ খাঁজের সাথে মিলিত হয়) তবে ঐ বিন্দুর লব্ধি বিস্তার শূন্য হবে। যেহেতু আলোর তীব্রতা বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক সেহেতু প্রথমোক্ত বিন্দুতে তীব্রতার মান বেড়ে যাবে এবং শেষোক্ত বিন্দুতে এই মান শূন্য হবে। এর ফলে ঐ স্থানের কোনো তলে পরপর আলোকোজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হয় অর্থাৎ ব্যতিচার হয়।

গ

এখন,

$_a\mu_b = \frac{c_a}{c_b}$

বা, $\frac{\mu_b}{\mu_a} = \frac{c_a}{c_b}$

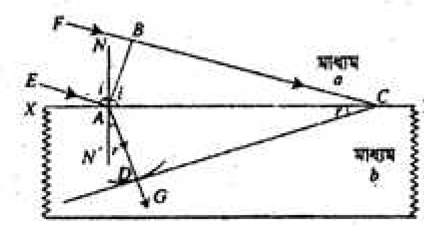
বা, $c_b = \frac{c_a \times \mu_a}{\mu_b}$

$= 2.28 \times 10^8 \times \frac{1.3}{1.5}$

$= 1.976 \times 10^8\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
a মাধ্যমের আলোর বেগ,
$c_a = 2.28 \times 10^8\ ms^{-1}$
a মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক,
$\mu_a = 1.3$
b মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক,
$\mu_b = 1.5$

ঘ ধরা যাক, XY, a ও b দুটি স্বচ্ছ মাধ্যমের বিভেদতল। ধরা যাক, AB একটি সমতল তরঙ্গামুখ a মাধ্যমে EA অভিমুখে c_1 বেগে চলছে। তরঙ্গামুখটি যখন XY বিভেদতলের A বিন্দুতে তির্যকভাবে পৌছে তখন সেখানকার ইথার কণাগুলো আন্দোলিত হয়। হাইগেন্সের নীতি অনুযায়ী সেগুলো গৌণ উৎস হিসেবে কাজ করে এবং তা থেকে উৎপন্ন গৌণ তরঙ্গ b মাধ্যমে প্রবেশ করে পরিবর্তিত বেগে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে।



এখন t সময়ে আলোক তরঙ্গ B থেকে একই মাধ্যমে C-তে পৌছে। সুতরাং $BC = c_1t$। এই একই সময়ে A থেকে আলোক রশ্মি b মাধ্যমে D-তে পৌছলে $AD = c_2t$ হয়। এখানে c_2 হলো b মাধ্যমে আলোর বেগ। এখন A কে কেন্দ্র করে c_2t সমান ব্যাসার্ধের বৃত্তচাপ অঙ্কন করে C থেকে CD স্পর্শক টানলে তা প্রতিসরিত তরঙ্গামুখ নির্দেশ করে যা AG বরাবর অগ্রসর হয়। সুতরাং CD তরঙ্গামুখের উপর লম্ব AG প্রতিসরিত রশ্মি এবং EA আপতিত রশ্মি নির্দেশ করে।

এখন আপতিত তরঙ্গামুখ AB ও প্রতিসরিত তরঙ্গামুখ CD প্রতিসরণ তল XY-এর সাথে যথাক্রমে $\angle BAC$ এবং $\angle ACD$ উৎপন্ন করে।

এখন, EA, AB তলের উপর এবং NA, AC তলের উপর লম্ব।

সুতরাং, $\angle EAN + \angle NAB = \angle BAC + \angle NAB$ = এক সমকোণ।

$\therefore \angle EAN = \angle BAC = i$ (আপতন কোণ)

আবার, $\angle DAN' + \angle DAC = \angle ACD + \angle DAC$ = এক সমকোণ

$\therefore \angle DAN' = \angle ACD = r$ (প্রতিসরণ কোণ)।

$\because$ AN' ও AD যথাক্রমে AC ও DC-এর উপর লম্ব।

এখন,

$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin BAC}{\sin DAN'} = \frac{\sin BAC}{\sin ACD} = \frac{BC}{AC} \div \frac{AD}{AC}$

$= \frac{BC}{AD} = \frac{c_1t}{c_2t} = \frac{c_1}{c_2}$

$\frac{\text{a মাধ্যমে আলোর বেগ}}{\text{b মাধ্যমে আলোর বেগ}}$ = ধ্রুব সংখ্যা

$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c_a}{c_b} = {}_a\mu_b$

এটি প্রতিসরণ সংক্রান্ত স্নেলের সূত্র বা প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্র।

আবার, যেহেতু আপতিত রশ্মি, অভিলম্ব ও প্রতিসৃত রশ্মি কাগজের তলে অর্থাৎ একই সমতলে অবস্থান করে, সুতরাং প্রতিসরণের প্রথম সূত্রটিও প্রতিষ্ঠিত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায় মীনা 6.66×10^{14}Hz এর আলো ব্যবহার করলো। তার পরীক্ষণে পাশাপাশি দুটি ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.75mm এবং পর্দার দূরত্ব 1.55m. আবার রাজু 6×10^{-4} cm প্রস্থের এবং 6800Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করলো। [বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. অপবর্তন কী? ১
খ. কোন লেন্সের ক্ষমতা +2D বলতে কী বুঝ? ২
গ. মীনার পরীক্ষায় চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. রাজুর পরীক্ষায় প্রথম ক্রমের অন্ধকার দুটি ডোরার কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ এখানে, $P = +2$ D

$\therefore f = +\frac{1}{2} m = +0.5$ m

তাহলে লেন্সের ক্ষমতা +2 D বলতে বোঝায় লেন্সটি উত্তল এবং এর ফোকাস দূরত্ব 0.5 m। অর্থাৎ লেন্সটি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মিকে প্রতিসরণের পর লেন্স থেকে 0.5 m দূরে মিলিত করে।

গ দেওয়া আছে,
ব্যবহৃত আলোর কম্পাঙ্ক, $f = 6.66 \times 10^{14}$ Hz
পরপর দুটি ডোরার কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $\Delta z = 2 \times$ ডোরার প্রস্থ $= 0.75$ mm $= 0.75 \times 10^{-3}$ m
পর্দার দূরত্ব, $D = 1.55$ m
জানা আছে, শূন্যস্থান বা বায়ুতে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
বের করতে হবে, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = ?$

আমরা জানি, $\Delta z = \frac{\lambda D}{a} = \frac{cD}{fa}$

$$\therefore a = \frac{cD}{f\Delta z} = \frac{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times 1.55 \text{ m}}{6.66 \times 10^{14} \text{ Hz} \times 0.75 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0.00093 \text{ m} = 0.93 \text{ mm} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ রাজুর ক্ষেত্রে,
চিরদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, $a = 6 \times 10^{-4}$ cm $= 6 \times 10^{-6}$ m
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6800$ Å $= 6800 \times 10^{-10}$ m
চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1.55$ m

$$\therefore \text{ ডোরার প্রস্থ, } \Delta x = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{6800 \times 10^{-10} \text{ m} \times 1.55 \text{ m}}{2 \times 6 \times 10^{-6} \text{ m}} = 0.08783 \text{ m}$$

$\therefore$ কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে প্রথম অন্ধকার ডোরার কৌণিক দূরত্ব $= \tan^{-1}\frac{\Delta x}{D} = \tan^{-1}\frac{0.08783}{1.55} = 3.243°$

$\therefore$ রাজুর পরীক্ষার প্রথম ক্রমের অন্ধকার দুটি ডোরার কৌণিক ব্যবধান $= 2 \times 3.243° = 6.486°$

প্রশ্ন ▶ ৩৫ 0.4mm ব্যবধান বিশিষ্ট দুটি চির হতে 1.5m দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচার সজ্জা সৃষ্টি করা হল। সজ্জায় কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে 6.75mm দূরে চতুর্থ উজ্জ্বল ডোরাটি পাওয়া গেল। [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

ক. সুসঙ্গত উৎস কাকে বলে? ১
খ. সুসংগত আলো ছাড়া স্থায়ী ব্যতিচার সম্ভব নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ব্যতিচার সৃষ্টিকারী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পর্দাটি যদি চির হতে 1m দূরে অবস্থান করে তবে ডোরার প্রস্থ পূর্বের তুলনায় কেমন হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি উৎস হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে সুসংগত উৎস বলে।

খ নিম্নোক্ত শর্তাবলী পূরণ সাপেক্ষে দুটি উৎসকে সুসংগত বলা হয়।
i. নিঃসৃত আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে।
ii. আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা-পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে।
আবার ব্যতিচারের শর্তাবলী হলো,
i. দুটি আলোক উৎসের প্রয়োজন। উৎসদ্বয় ক্ষুদ্র, পরস্পরের সন্নিকটে এবং সুসংগত হতে হবে।
ii. যে তরঙ্গদ্বয় ব্যতিচার ঘটাবে তাদের তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমান হতে হবে এবং বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে।
উপরোক্ত আলোচনার পরিপ্রেক্ষিতে ইহা স্পষ্টত যে, সুসংগত আলো ছাড়া স্থায়ী ব্যতিচার সম্ভব নয়।

গ দেওয়া আছে,
চিরদ্বয়ের দূরত্ব, $a = 0.4$ mm $= 0.4 \times 10^{-3}$ m
চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1.5$ m
কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে চতুর্থ উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব = 6.75 mm

$\therefore$ ডোরা ব্যবধান, $\Delta z = \frac{6.75 \text{ mm}}{4} = 1.6875 \times 10^{-3}$ m

বের করতে হবে, ব্যতিচার সৃষ্টিকারী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $\Delta z = \frac{\lambda D}{a}$

$$\therefore \lambda = \frac{(\Delta z)a}{D} = \frac{1.6875 \times 10^{-3} \text{ m} \times 0.4 \times 10^{-3} \text{ m}}{1.5 \text{ m}} = 4.5 \times 10^{-7} \text{ m} = 4500\text{Å} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি, ডোরার প্রস্থ হলে,
$\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$
এখানে λ, a ধ্রুব থাকলে $\Delta x \propto D$

$\therefore \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{D_2}{D_1}$

বা, $\Delta x_2 = \Delta x_1 \frac{D_2}{D_1} = \Delta x_1 \times \frac{1\text{m}}{1.50} = \frac{2}{3}\Delta x_1$

সুতরাং, পর্দাটি যদি চির হতে 1m দূরে অবস্থান করে তবে ডোরার প্রস্থ পূর্বের তুলনায় দুই তৃতীয়াংশ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তনে সমান্তরাল আলোকরশ্মি ব্যবহার করা হয়। তোমার কাছে 10cm এবং 20cm বক্রতার ব্যাসার্ধের একটি উভোত্তল লেন্স এবং 560nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলোক উৎস ও প্রতি সেন্টিমিটারে 4000 দাগ যুক্ত একটি অপবর্তন গ্রেটিং আছে। লেন্সটির সাহায্যে তুমি সমান্তরাল রশ্মি উৎপন্ন করে অপবর্তন পরীক্ষা করলে। [কাঁচের ক্ষেত্রে $\mu = 1.50$] [স্যার আশুতোষ সরকারি কলেজ]

ক. হাইগেনের নীতিটি বিবৃত করো। ১
খ. বিম্বদেখে কীভাবে একটি লেন্স শনাক্ত করা যায়? ২
গ. উদ্দীপকে গ্রেটিং এ ৩য় ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ কত হবে? ৩
ঘ. উৎসটিকে লেন্স থেকে কত দূরে কিভাবে রেখে তুমি পরীক্ষাটি করবে— ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত সব বিন্দুকে এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ একটি বস্তু নিয়ে এর খুব নিকটে পরীক্ষণীয় লেন্সটি ধরলে যদি প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সিধা এবং আকারে বস্তুর চেয়ে বড় হয় তবে লেন্সটি উত্তল হবে। আর যদি প্রতিবিম্ব আকারে ছোট হয়, লেন্সটি অবতল হবে।

গ এখানে,
একক দৈর্ঘ্যে দাগ সংখ্যা, $N = 4000\ cm^{-1} = 400000 m^{-1}$
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 560\ nm = 560 \times 10^{-9} m$
তৃতীয় ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ, $\theta = ?$
তৃতীয় ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ, $n = 3$
চরমের জন্য,

$$d\sin\theta = n\lambda$$

বা, $\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda \quad [\therefore d = \frac{1}{N}]$

বা, $\sin\theta = Nn\lambda$

বা, $\sin\theta = 400000 \times 3 \times 560 \times 10^{-9} m$

$\therefore \theta = 42.22°$

আবার, অবমের জন্য,

$$d\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

বা, $\frac{1}{N}\sin\theta = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$

বা, $\sin\theta = 400000 \times (2 \times 3 + 1) \times \frac{560 \times 10^{-9}}{2}$

$\therefore \theta = 51.63°$

$\therefore$ তৃতীয় ক্রমের চরমের জন্য অপবর্তন কোণ 42.22° ও তৃতীয় ক্রমের অবমের জন্য অপবর্তন কোণ 51.63°।

ঘ ফ্রনহফার শ্রেণীর অপবর্তনে সমান্তরাল আলোকরশ্মি প্রয়োজন। আমরা জানি, উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাস হতে নির্গত আলোক রশ্মিগুচ্ছ লেন্সে আপতিত হলে প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে, উৎসটিকে লেন্সের প্রধান ফোকাসে রাখতে হবে।
এখানে, $\mu = 1.50$
$r_1 = 10\ cm$
$r_2 = -20\ cm$
ধরি, লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f।

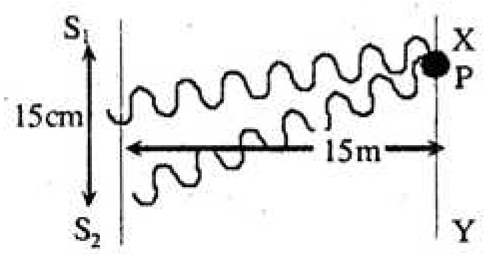
আমরা জানি, $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

বা, $\frac{1}{f} = (1.50 - 1)\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{20}\right)$

$\therefore f = 13.33\ cm$

সুতরাং, লেন্স থেকে 13.34 cm দূরত্বে একবর্ণী আলোর উৎসটিকে রেখে নির্গত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছের সাথে লম্বভাবে গ্রেটিং স্থাপন করে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৭



চিত্রের উৎসদ্বয় হতে 5000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো XY পর্দায় আলো অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি করে। *[সরকারি বি এম কলেজ, বরিশাল]*

ক. তরঙ্গ মুখ কী? ১
খ. সুসংগত উৎসের শর্তাবলী লিখ। ২
গ. ডোরার প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উৎস থেকে পর্দার দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে উদ্দীপকের চিত্রে কিছু সংযোজন বিয়োজন করে অপবর্তন সংগঠন সম্ভব কি? বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

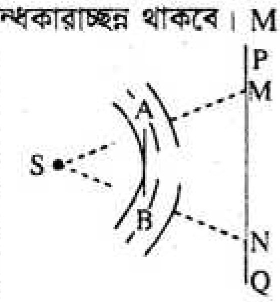
ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ সুসংগত উৎসের বৈশিষ্ট্য:
১. সুসংগত উৎস হতে নিঃসৃত আলোক তরঙ্গাগুলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য একই মানের হয়।
২. আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যে নিঃসৃত হয়। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকে।
৩. উৎস দুটি খুব কাছাকাছি এবং ছোট হয়।

গ

এখন,	এখানে,
$x = \frac{\lambda D}{2a}$	পর্দার দূরত্ব, $D = 1.5m$
$= \frac{5000 \times 10^{-10} \times 1.5}{2 \times 0.15}$	চিরপ্রস্থ, $a = 15cm = 0.15m$
$= 2.5 \times 10^{-6}\ m$ **(Ans.)**	তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5000Å = 5000 \times 10^{-10}\ m$
	ডোরার প্রস্থ, $x = ?$

ঘ কোনো প্রতিবন্ধকের ধার ঘেঁষে বা সরু চিরের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় জ্যামিতিক ছায়া অঞ্চলের মধ্যে আলোর বেঁকে যাওয়ার ঘটনাকে আলোর অপবর্তন বলা হয়।
তীক্ষ্মধার প্রতিবন্ধক, কোনো ছিদ্র বা চিরের আকার যদি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে তুলনীয় বা প্রায় সমান হয় তাহলে অপবর্তনের ঘটনা লক্ষণীয় হয়। সকল প্রকার তরঙ্গ অপবর্তন প্রদর্শন করে।
পরীক্ষা: ধরা যাক, S একটি আলোক উৎস এবং তার সামনে একটি অস্বচ্ছ প্রতিবন্ধক AB। প্রতিবন্ধকের পেছনে PQ একটি পর্দা। আলো সরলরেখায় গমন করে বলে পর্দার উপর AB প্রতিবন্ধকের একটি ছায়া MN গঠিত হবে।
কারণ, প্রতিবন্ধকের কারণে উৎস থেকে কোনো আলো MN অঞ্চলে এসে পৌছাতে পারে না। MN অংশ সম্পূর্ণ অন্ধকারাচ্ছন্ন থাকবে। M বিন্দুর উপরে এবং N বিন্দুর নিচে পর্দার সমস্ত অংশ সমভাবে আলোকিত হবে কারণ ঐ অঞ্চলে উৎস থেকে আলো পৌছাতে কোনো বাধা পায় না। কিন্তু খুব সূক্ষ্মভাবে লক্ষ করলে দেখা যায় যে, M বিন্দু এবং N বিন্দু থেকে হঠাৎ অন্ধকার শুরু হয় না। অর্থাৎ ছায়ার দুই প্রান্ত খুব তীক্ষ্ম (Sharp) নয়। M বিন্দুর নিচে এবং N বিন্দুর উপরেও কিছু অংশে অল্প অল্প আলোর অনুপ্রবেশ ঘটে। অর্থাৎ আলোর অপবর্তন হয়।



ব্যাখ্যা: ধরা যাক, S উৎস থেকে কোনো এক সময় গোলীয় তরঙ্গমুখ AB প্রতিবন্ধকে উপস্থিত হলো। এখন হাইগেনসের নীতি অনুযায়ী অগ্রসরমান প্রতিটি তরঙ্গমুখের উপর অবস্থিত কণাগুলো গৌণ তরঙ্গসমূহের উৎসরূপে ক্রিয়া করে। হাইগেনসের নীতি অনুসরণ করে অণুতরঙ্গ অঙ্কন করলে দেখা যায় A ও B এর নিকটবর্তী অঞ্চল থেকে কিছু কিছু গৌণতরঙ্গ MN ছায়া অঞ্চলে অনুপ্রবেশ করে M বিন্দুর নিচে এবং N বিন্দুর উপরে কিছু অংশকে আলোকিত করে।
অর্থাৎ, উদ্দীপকের চিত্রে একটি চির বন্ধ করে দিয়ে অপর চিরের সামনে অস্বচ্ছ সরু, তীক্ষ্ম প্রতিবন্ধক রাখলেই অপবর্তন গঠিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষার চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.3mm এবং চিরের তল হতে পর্দার দূরত্ব 0.9m। কেন্দ্রীয় ডোরা হতে 10 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব 8.5mm। *[নেত্রকোনা সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. জাংশন ডায়োড কী? ১
খ. পরম শূন্য তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে -ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্ণিত ব্যবস্থাটিকে যদি পানির মধ্যে নেয়া হয় তবে ডোরার প্রস্থের কোন পরিবর্তন হবে কিনা-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি p টাইপ এবং একটি n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীনে সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠকে p-n জাংশন বলে।

খ পরমশূন্য তাপমাত্রায় (0K) অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এ তাপমাত্রায় সমযোজী অণুবন্ধনগুলো খুবই সরল হয় এবং সবগুলো যোজন ইলেকট্রনই সমযোজী অণুবন্ধন তৈরিতে ব্যস্ত থাকে। ফলে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না এবং অর্ধ-পরিবাহীতে কেলাস এ অবস্থায় যোজন ব্যান্ড পূর্ণ থাকে এবং যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মাঝে শক্তির ব্যবধান বিরাট হয় ফলে কোনো যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে এসে মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে না। ফলে মুক্ত ইলেকট্রন না থাকার কারণে পরমশূন্য তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে।

গ মনে করি,

চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব $a = 0.3\ mm = 0.3 \times 10^{-3} m$

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 0.9m$

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 10 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,

$$x_{10} = 8.5mm = 8.5 \times 10^{-3} m$$

ব্যবহৃত একবর্ণী আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$$

বা, $\lambda = \frac{ax_n}{nD} = \frac{0.3 \times 10^{-3} \times 8.5 \times 10^{-3}}{10 \times 0.9}$

$\therefore$ $\lambda = 2.83 \times 10^{-7}$ m **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব অর্থাৎ ঝালরের দৈর্ঘ্যের সাথে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সম্পর্ক–

$$\lambda = \frac{a}{D}(x_2 - x_1)$$

বা, $x_2 - x_1 = \frac{\lambda D}{a}$ .... (i)

আবার, দেওয়া আছে,

পানির প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_a\mu_w = \frac{4}{3}$

বা, $\frac{4}{3} = {}_a\mu_w$

বা, $\frac{4}{3} = \frac{\text{শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ}}{\text{পানিতে আলোর বেগ}}$

বা, পানিতে আলোর বেগ $= \frac{3}{4} \times$ শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ .... (ii)

$$= \frac{3}{4} \times 3 \times 10^8 ms^{-1} = 2.25 \times 10^8 ms^{-1}$$

(ii) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, পানিতে আলোর বেগ, শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগের চেয়ে কম হবে। এক্ষেত্রে পানিতে আলোর কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকবে কারণ কম্পাঙ্ক নির্ভর করে আলোক উৎসের উপর। সুতরাং পানিতে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কমে আসবে।

আবার (i) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কমে গেলে পট্টি বা ঝালরের দৈর্ঘ্য কমে যাবে। সুতরাং যদি সমগ্র যান্ত্রিক ব্যবস্থাটিকে পানির মধ্যে নেওয়া হয়, তবে পট্টি বা ঝালরের প্রস্থ কমে আসবে।

সপ্তম অধ্যায় : ভৌত আলোকবিজ্ঞান

২১৭. কোন তরঙ্গের সঞ্চালনের জন্য কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না? (জ্ঞান)
ক শব্দ তরঙ্গ খ পানি তরঙ্গ
গ বিদ্যুৎ তরঙ্গ
ঘ তাড়িত চৌম্বক তরঙ্গ — ঘ

২১৮. তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গে তড়িৎক্ষেত্র ও চৌম্বকক্ষেত্রে মধ্যবর্তী কোণ— [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (জ্ঞান)
ক 0° খ 45°
গ 90° ঘ 180° — গ

২১৯. তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ তড়িৎ ক্ষেত্রের কী ধরনের সমবায় (জ্ঞান)
ক সমান্তরাল সমবায় খ কৌণিক সমবায়
গ লম্ব সমবায় ঘ বৃত্তীয় সমবায় — গ

২২০. আলোর তাড়িৎচুম্বকীয় তত্ত্বের সাহায্যে কোনটি ব্যাখ্যা করা যায়? (জ্ঞান)
ক সমবর্তন
খ আলোক তড়িৎ নিঃসরণ
গ অপবর্তন ঘ প্রতিসরণ — খ

২২১. X-ray এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]
ক 10^{-8} cm খ 10^{-8} m
গ 10^{-10} cm ঘ 10^{-10} m — ঘ

২২২. বেগুনী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? (জ্ঞান)
ক 3×10^{-7}m খ 4×10^{-7}m
গ 5×10^{-7}m ঘ 6×10^{-7}m — খ

২২৩. 1 অ্যাংস্ট্রম = কত মিটার? (জ্ঞান)
ক 10^{-10}m খ 10^{-12}m
গ 10^{12}m ঘ 10^{-13}m — ক

২২৪. নিম্নের কোন তরঙ্গটির পোলারায়ন সম্ভব নয়? (জ্ঞান)
ক আলোক তরঙ্গ খ পানি তরঙ্গ
গ বেতার তরঙ্গ ঘ শব্দ তরঙ্গ — ঘ

২২৫. কোনটি হতে গামা রশ্মি নিঃসৃত হয়? (জ্ঞান)
ক C – 12 খ N – 14
গ Cobalt – 60 ঘ Fe – 65 — গ

২২৬. কোনো বেতার তরঙ্গের $E_0 = 10^{-4}Vm^{-1}$ হলে চৌম্বকক্ষেত্র B_0 এর মান কত? (প্রয়োগ)
ক 3×10^{12}Tesla খ 3×10^{4}Tesla
গ 3.33×10^{-13}Tesla ঘ 0.33×10^{-13}Tesla — গ

২২৭. কোন বর্ণের আলোর কম্পাঙ্ক আসমানী অপেক্ষা কম কিছু হলুদ অপেক্ষো বেশি? (জ্ঞান)
ক বেগুনী খ কমলা
গ লাল ঘ সবুজ — ঘ

২২৮. আলোর তরঙ্গ তত্ত্বের প্রবক্তা কে? [সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর] (জ্ঞান)
ক বিজ্ঞানী নিউটন খ বিজ্ঞানী হাইগেন
গ ম্যাক্সওয়েল ঘ ডি ব্রগলী — খ

২২৯. আলোর কণা তত্ত্বের প্রবর্তক কে? [খুলনা পাবলিক কলেজ, খুলনা] (জ্ঞান)
ক নিউটন খ প্লাঙ্ক
গ হাইগেন ঘ ম্যাক্সওয়েল — ক

২৩০. আলোর কোয়ান্টাম তত্ত্ব আবিষ্কার করে? [ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক আইনস্টাইন খ নিউটন
গ হাইজেনবার্গ ঘ প্ল্যাঙ্ক — ঘ

২৩১. পথ পার্থক্য দশা পার্থক্যের কত গুণ? (জ্ঞান)
ক $2\pi/\lambda$ খ π/λ
গ λ/π ঘ $\lambda/2\pi$ — ঘ

২৩২. তরঙ্গ মুখে কণাগুলোর দশা পার্থক্য কত? (জ্ঞান)
ক 180° খ 90°
গ 45° ঘ 0° — ঘ

২৩৩. একটি তরঙ্গের দুইটি বিন্দুর দশা পার্থক্য $\frac{\pi}{2}$ হলে বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে পথ পার্থক্য কত? (প্রয়োগ)
ক $\frac{\pi}{2}$ খ $\frac{\lambda}{4}$
গ λ ঘ 2λ — খ

২৩৪. গ্রেটিং ধ্রুবক— [কালিকাপুর আবদুল মতিন খসরু ডিগ্রি কলেজ, কুমিল্লা] (জ্ঞান)
ক $d = a + b$ খ $\frac{1}{a+b}$
গ $N = a + b$ ঘ $a = d + b$ — ক

২৩৫. দ্বৈত প্রতিসারক কেলাস কোনটি? (জ্ঞান)
ক পানি খ কাচ
গ কোয়ার্টার্জ ঘ হীরক — গ

২৩৬. তাড়িত চৌম্বক তরঙ্গে তড়িৎক্ষেত্র তরঙ্গ ও চৌম্বকক্ষেত্র তরঙ্গের কম্পাঙ্ক সমান — (অনুধাবন)
i. তরঙ্গের কম্পাঙ্ক সমান
ii. উভয়ের দশা একই
iii. পরস্পরের সমান্তরালে বিদ্যমান থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii — ক

২৩৭. উক্ত মাধ্যমে আলোর দ্রুতি হ্রাস পেত যদি মাধ্যমের —— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. আপেক্ষিক প্রবেশ্যতা বেশি হয়
ii. চৌম্বক প্রবেশ্যতা কম হয়
iii. ঘনত্ব কম হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **ঘ**

২৩৮. এক্স রশ্মি কাজে লাগানো হয়— (প্রয়োগ)
i. হাড়ভাঙ্গা নির্ণয়ে
ii. শরীরের ভিতরে অনাকাঙ্খিত বস্তুর উপস্থিতি নির্ণয়ে
iii. কেলাসের অভ্যন্তরীণ গঠন নির্ণয়ে
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **ঘ**

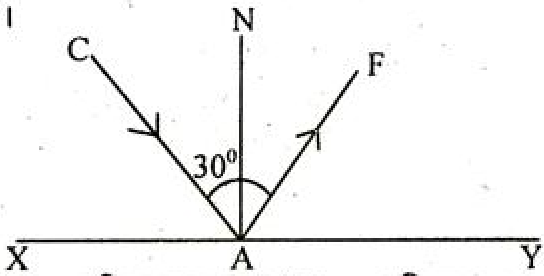
২৩৯. ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে অন্ধকার ডোরা দেখা যায় কারণ —— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. তরঙ্গদ্বয়ের বিপরীত দশায় উপরিপাতন ঘটে
ii. তরঙ্গদ্বয়ের লব্ধি বিস্তার শূন্য হয়
iii. প্রাবল্য শূন্য হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **ঘ**

২৪০. ব্যতিচার ক্ষেত্রে অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি হবে যখন —— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. দশা পার্থক্য π এর অযুগ্ম গুণিতক হয়
ii. তরঙ্গদ্বয় একই দশায় মিলিত হয়
iii. প্রাবল্য সর্বনিম্ন হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **খ**

২৪১. দ্বৈত প্রতিসারক কেলাস হলো— (অনুধাবন)
i. ক্যালসাইট ii. ম্যাগনেটাইট
iii. কোয়ার্টজ
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **খ**

২৪২. আলোকের সমবর্তনে তরঙ্গের কম্পন— (অনুধাবন)
i. দুটি তলে সীমাবদ্ধ থাকে
ii. কেবল একটি নির্দিষ্ট দিকে থাকে
iii. একটি তলেই সীমাবদ্ধ থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **গ**

নিচের চিত্রটি লক্ষ কর ২৪৩ ÷ ২৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।



চিত্রে AF একটি সমতলে তরঙ্গাসূত্র XY প্রতিফলক তলের ওপর তীর্যকভাবে আপতিত হয়ে। উক্ত চিত্রে CA আলোক তরঙ্গ 30° কোণে XY প্রতিফলক তলের ওপর আপতিত হয়।

২৪৩. উদ্দীপকে CA এবং AF এর মধ্যবর্তী কোণ কত? (প্রয়োগ)
ⓚ 0° ⓚ 40°
ⓖ 60° ⓖ 90° **গ**

২৪৪. CA আলোক রশ্মি XY প্রতিফলক থেকে কত কোণে প্রতিফলিত হবে? (প্রয়োগ)
ⓚ 30° ⓚ 60°
ⓖ 90° ⓖ 180° **ক**

২৪৫. উদ্দীপকের ক্ষেত্রে —— (অনুধাবন)
i. CA কে আলোক রশ্মি বলা যেতে পারে।
ii. AF এর উপরস্থ প্রতিটি বিন্দু গৌণ উৎস হিসেবে কাজ করে।
iii. আপতিত রশ্মি প্রতিফলিত রশ্মি এবং অভিলম্ব ভিন্ন ভিন্ন সমতলে অবস্থান করে।
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **ক**

উদ্দীপকের আলোকে ২৪৬ ও ২৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
0.4mm ব্যবধান বিশিষ্ট দুইটি চির হতে 1m দূরত্বে অবস্থিত পর্দার ওপর ব্যতিচার সজ্জা সৃষ্টি হলো। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 500×10^{-10}m.

২৪৬. পরপর দুইটি উজ্জ্বল পট্টির মধ্যবর্তী দূরত্ব কত? (প্রয়োগ)
ⓚ 0.125mm ⓚ 1.25mm
ⓖ 3.25mm ⓖ 4.25mm **ক**

২৪৭. পর্দার ওপর অন্ধকার ডোরা উৎপন্ন হবে —— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. যেখানে আলোর তীব্রতা শূন্য
ii. যেখানে উৎসদ্বয় হতে বিন্দুদ্বয়ের পথপার্থক্য সমান
iii. যেখানে লব্ধি বিস্তার সর্বনিম্ন
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **খ**

অধ্যায়-৮: আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

প্রশ্ন ▶১ ধর, 370 আলোক বর্ষ দূরে অবস্থিত প্রাণীর বসবাস উপযোগী একটি গ্রহের সন্ধান পেয়ে নাসার বিজ্ঞানীরা 50 বছর বয়সী একটি কাছিমকে 0.7c বেগে চলমান নভোযানে করে ঐ গ্রহের উদ্দেশ্যে পাঠায়। কাছিমের ভর 30kg এবং গড় আয়ু 450 বছর। 1 আলোক বর্ষ $= 9.46 \times 10^{15}$m। *[ঢা. বো. ২০১৭]*

ক. ফোটন কী? ১

খ. মহাশূন্যে নভোচারীরা আকাশ কি রকম দেখবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চলন্ত অবস্থায় কাছিমের শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কাছিমাটি জীবিত অবস্থায় ঐ গ্রহে পৌঁছতে সক্ষম হবে কিনা যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বানুসারে শক্তির বিকিরণ নিরবচ্ছিন্নভাবে না হয়ে বিচ্ছিন্নভাবে কতগুলো শক্তি প্যাকেট আকারে ঘটে। শক্তির এই সর্বনিম্ন প্যাকেটকে ফোটন বা তেজকণা বলে।

খ মহাশূন্যে নভোচারীরা আকাশ কালো দেখবে। পৃথিবীতে দিনের বেলা আমরা আকাশ নীল দেখি। এর কারণ সূর্য থেকে আলো পৃথিবীতে আসার সময় বায়ুমণ্ডল তথা ধূলিকণা দ্বারা নীলসহ অন্য সব বর্ণের আলো বিচ্ছুরিত হয় এবং নীল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বনিম্ন হওয়ায় বিচ্ছুরণ সর্বাধিক হয় এবং আমাদের চোখে এসে ধরা দেয়। কিন্তু মহাশূন্যে বায়ুমণ্ডল না থাকায় আলো বিচ্ছুরিত বা প্রতিফলিত হয় না। তাই মহাশূন্যে নভোচারীরা আকাশ কালো দেখে। তবে পৃথিবীর রাতের আকাশের মত সেখানেও আকাশে তারকা মণ্ডল দেখা যাবে।

গ দেওয়া আছে,

কাছিমের নিশ্চল ভর, $m_0 = 30$ kg

বেগ, $v = 0.7$ c

জানা আছে, আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

বের করতে হবে, চলন্ত অবস্থায় কাছিমের শক্তি, E = ?

আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{30}{\sqrt{1-(0.7)^2}} = 42 \text{ kg}$$

∴ চলন্ত অবস্থায় কাছিমের মোট শক্তি, $E = mc^2$

$$= 42 \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 3.78 \times 10^{18} \text{J } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 1 আলোক বর্ষ $= 9.46 \times 10^{15}$m

∴ 370 আলোক বর্ষ $= 370 \times 9.46 \times 10^{15} = 3.5 \times 10^{18}$m

v = 0.7 c বেগে চললে 370 আলোক বর্ষ যেতে পৃথিবীর হিসেব অনুযায়ী সময় লাগবে,

$$t = \frac{s}{v} = \frac{3.5 \times 10^{18}}{0.7 \times 3 \times 10^8} = 1.67 \times 10^{10} \text{ sec} = 528.5 \text{ year}$$

আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } t_0 = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } t_0 = 528.5\sqrt{1-\left(\frac{0.7c}{c}\right)^2}$$

$$\therefore t_0 = 377.42 \text{ year}$$

সুতরাং, ঐ গ্রহে পৌঁছালে কাছিমের বয়স $= 50 + 377.42$
$= 427.42$ year

অর্থাৎ, কাছিমটি জীবিত অবস্থায় ঐ গ্রহে পৌঁছতে সক্ষম হবে।

প্রশ্ন ▶২ ফটো তড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষণে দেখা গেল পটাসিয়াম ধাতুর উপর 4400Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলে শুধু ইলেকট্রন নির্গত হয় কিন্তু গতিশক্তি প্রাপ্ত হয় না। যদি 1500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয় তবে ইলেকট্রন নিঃসরিত হয় এবং গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়। *[ঢা. বো. ২০১৬]*

ক. কৃষ্ণ গহ্বর কাকে বলে? ১

খ. P টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ কি না — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পটাসিয়ামের কার্যাপেক্ষক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি প্রাপ্ত হওয়া না হওয়ার কারণ কী? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রচণ্ড মহাকর্ষীয় বলের জন্য মহাকাশে এমন কিছু বস্তু বা জায়গা আছে যা থেকে আলো বা কোন কিছু বেরিয়ে আসতে পারে না। এরূপ বস্তু বা জায়গাকে কৃষ্ণগহ্বর বলে।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে প্রোটন ও ইলেকট্রন সংখ্যা সমান। এর মধ্যে যে ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণুসমূহ যোগ করা হয় সেগুলোতেও প্রোটন ও ইলেকট্রন সংখ্যা সমান। p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে হোলসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং যে পরমাণু হতে এই ইলেকট্রন সংগ্রহ করে সেটিতে হোলের সৃষ্টি হয় অর্থাৎ সেটি ধনাত্মক আয়ন গ্রস্থ হয়। সুতরাং গ্রহীতা ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঋণাত্মক চার্জগ্রস্থ হয়। অতএব p-টাইপ কেলাসে ধনাত্মক চার্জ ও ঋণাত্মক চার্জের মান সমান হয়। তাই p-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ দেওয়া আছে,

পটাশিয়ামের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = 4400\text{Å} = 4400 \times 10^{-10}$m

প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$J.s

বের করতে হবে, কার্যাপেক্ষক, W_0 = ?

আমরা জানি, $W_0 = h\frac{c}{\lambda_0} = 6.63 \times 10^{-34} \text{J.s} \times \frac{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{4400 \times 10^{-10}\text{m}}$

$= 4.52 \times 10^{-19}$ J = 2.825 eV **(Ans.)**

ঘ ইলেকট্রনসমূহ কক্ষপথে নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি নিয়ে ঘূর্ণায়মান থাকে। তাই এদেরকে কক্ষপথ হতে বিচ্যুত করে মুক্ত ইলেকট্রন হিসেবে পেতে হলে এতে ন্যূনতম মানের শক্তি প্রদান করতে হবে। এই শক্তি পাওয়া যেতে পারে ফোটন হতে। ফোটনের শক্তি এর কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুপাতিক। তাই ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে হলে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, একটি সর্বোচ্চ মানের চেয়ে বেশি হতে পারে না। এ মানকে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। উদ্দীপকের ক্ষেত্রে, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 4400Å। তবে এর চেয়ে কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটন আপতিত হলে অবমুক্ত ইলেকট্রন গতিশক্তিপ্রাপ্ত হবে।

আইনস্টাইনের ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার সমীকরণ

$E = W_0 + K_{max}$

বা, $K_{max} = E - W_0$ .... (i)

'গ' হতে কার্যাপেক্ষক $W_0 = 2.825eV$

আপতিত ফোটনের শক্তি, $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{6.63 \times 10^{34} \times 3 \times 10^8}{1500 \times 10^{-10}} = 1.326 \times 10^{-18} J = 8.287eV$$

(i) নং সমীকরণ অনুসারে, আপতিত ফোটনের শক্তি E কার্যাপেক্ষক W_0 এর সমান হলে ইলেকট্রন গতিশক্তি প্রাপ্ত হয় না।

আবার, আপতিত ফোটনের শক্তি E, কার্যাপেক্ষক W_0 তার চেয়ে বেশি হলে ইলেকট্রন গতিশক্তি প্রাপ্ত হবে।

উদ্দীপকের ২য় ক্ষেত্রে, আপতিত ফোটনের শক্তি $E >$ কার্যাপেক্ষক W_0। তাই নিঃসরিত ইলেকট্রন গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৩ করিম ও তার বন্ধু রহিমের সাথে আপেক্ষিক তত্ত্বের বিভিন্ন বিষয় নিয়ে আলোচনা করল। করিম বলল একজন মহাশূন্যচারী 30 বছর বয়সে $2.5 \times 10^8 ms^{-1}$ বেগে একটি রকেটে চড়ে নতুন গ্রহের অনুসন্ধানে গেল। পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য ছিল 80 m। /রা. বো. ২০১৭/

ক. সুপারনোভা কী? ১

খ. আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে কেন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য কত হবে? ৩

ঘ. অনুসন্ধান শেষে উক্ত নভোচারী পৃথিবীর হিসাবে 50 বছর পর ফিরে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে তার বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী একই হবে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল নক্ষত্রের ভর 1.4 সৌর ভরের বেশি তাদের জ্বালানী হাইড্রোজেন শেষ হয়ে গেলে মূল বস্তু সংকুচিত হতে থাকে কিন্তু বহিঃস্থ অংশ তখনও প্রসারিত হতে থাকে এবং এক পর্যায়ে বহিঃস্থ আবরণ ছুড়ে ফেলে। এ সময় নক্ষত্রকে অত্যন্ত উজ্জ্বল দেখায়। নক্ষত্রের এ ঘটনাকে সুপার নোভা বলে।

খ কাল বা সময় আপেক্ষিক গতি দ্বারা প্রভাবিত হয়। আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে স্থির কোনো ঘটনা ঘটার সময় t_o এবং পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে সমবেগে গতিশীল উক্ত ঘটনা ঘটার সময় t হলে

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

সমবেগে গতিশীল কোনো বস্তুর জন্য $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ রাশিটি সব সময় 1 এর চেয়ে ছোট। একারণে t_o সব সময়ই t এর চেয়ে ছোট। তাই সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য, $L_o = 80m$

রকেটের বেগ, $v = 2.5 \times 10^8 ms^{-1}$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আমরা জানি,

$$L = L_o \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$\text{বা, } L = 80\sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}$$

$$= 44.22m \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান, $t = 50y$

আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

রকেটের বেগ, $v = 2.5 \times 10^8 ms^{-1}$

রকেটে মহাশূন্যচারীর বয়স বৃদ্ধি, $t_o = ?$

আমরা জানি,

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$\text{বা, } t_o = t\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$= 50\sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2} = 27.64y$$

এখন পৃথিবীর হিসাবে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স = 30 + 50 = 80y.

আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স = (30 + 27.64)
= 57.64y.

অতএব, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী বয়স অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪ করিম তার বন্ধু রহিমের সাথে আপেক্ষিক তত্ত্বের বিভিন্ন বিষয় নিয়ে আলোচনা করল। করিম বলল একজন মহাশূন্যচারী 40 বছর বয়সে $2.62 \times 10^8 ms^{-1}$ বেগে একটি রকেটে চড়ে একটি নতুন গ্রহের অনুসন্ধানে গেল। পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য ছিল 75m। /দি. বো. ২০১৭/

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১

খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যায় প্লাঙ্কের তত্ত্বের প্রয়োজন কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. অনুসন্ধান শেষে উক্ত নভোচারী পৃথিবীর হিসাবে 45 বছর পর ফিরে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী তাদের বয়স একই হবে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ৪

৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধান পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী কাল ব্যবধানের চেয়ে বেশি হয়, এই প্রভাবকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার বিভিন্ন ফলাফল চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না। এসব ফলাফল ব্যাখ্যার জন্য প্লাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের প্রয়োজন হয় যেমন,

(i) ফটোতড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে ইলেকট্রন নির্গমনের জন্য কিছু সময়ের প্রয়োজন।

(ii) ফটো-ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ভর করে আপতিত আলোকরশ্মির কম্পাঙ্কের ওপর। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে ফটো-ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ভর করবে আপতিত আলোর তীব্রতার ওপর।

(iii) একটি ধাতব পদার্থের জন্য একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক অপেক্ষা কম কম্পাঙ্কে আলোকরশ্মি যত বেশি আপতিত হোক না কেন তা থেকে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে যেকোনো কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি ধাতব-পৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হবে।

অর্থাৎ এ সব ঘটনা তরঙ্গ তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না, শুধু কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 36.53 m

ঘ দেওয়া আছে, রকেটের দ্রুতি, $v = 2.62 \times 10^8 ms^{-1}$

আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

পৃথিবী থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান, $t = 45y$

রকেটে মহাশূন্যচারীর বয়স বৃদ্ধি, $t_0 = ?$

জানা আছে,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } t_0 = 45\sqrt{1 - \left(\frac{2.62}{3}\right)^2}$$

$\therefore t_0 = 21.92$ y

পৃথিবীর হিসাবে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স $= 40 + 45 = 85y$

আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স $= (40 + 21.92) = 61.92y$

অতএব, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী বয়স অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ ভূ-পৃষ্ঠে একটি রকেট এর দৈর্ঘ্য 10 m এবং ভর 5000 kg এটি ভূ-পৃষ্ঠের কোনো স্থির পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে $3 \times 10^7 \ ms^{-1}$ বেগে চলতে শুরু করল। *[দি. বো. ২০১৬]*

ক. এক্স-রে কী? ১

খ. নিউক্লিয়ার ফিশান বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তির কারণ কী? ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে রকেট এর চলমান দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে রকেটটির বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ভরের কিরূপ পরিবর্তন হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোন ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন অজানা প্রকৃতির এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়, এ বিকিরণকে এক্স-রে বলে।

খ আমরা জানি $^{235}_{92}U$ কে নিউট্রন ^1_0n দ্বারা আঘাত করলে নিউক্লিয় ফিশন ঘটে। এতে $^{235}_{92}U$ নিউক্লিয়াসের বিভাজিত হয়ে কম ভরের দুটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয় এবং দুটি বা তিনটি নিউট্রন ^1_0n নির্গত হয়।

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ^1_0n ও $^{235}_{92}U$ এর মোট ভর অপেক্ষা উৎপন্ন নিউক্লিয়াসদ্বয় ও নিউট্রনগুলির মোট ভর সামান্য কম হয়। অর্থাৎ নিউক্লিয় ফিশনে কিছু ভর অদৃশ্য হয়। আইনস্টাইনের ভরশক্তি সমীকরণ $E = mc^2$ অনুসারে এই অদৃশ ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহাই নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় শক্তি উৎপন্নের কারণ।

গ এখানে,

ভূ-পৃষ্ঠে রকেটের দৈর্ঘ্য, $L_o = 10 \ m$

ভূ-পৃষ্ঠে স্থির পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে রকেটের বেগ, $v = 3 \times 10^7 \ ms^{-1}$

রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \ ms^{-1}$

আমরা জানি,

$$L = L_o\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 10\sqrt{1 - \frac{(3 \times 10^7)^2}{(3 \times 10^8)^2}} = 9.9498 \ m$$

অতএব, রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য হবে 9.9498 m **(An.s)**

ঘ এখানে,

ভূ-পৃষ্ঠে রকেটের ভর, $m_o = 5000 \ Kg$

প্রথম ক্ষেত্রে, রকেটের বেগ, $v_1 = 3 \times 10^7 \ ms^{-1}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, রকেটের বেগ, $v_2 = 2v_1 = 2 \times 3 \times 10^7 \ ms^{-1} = 6 \times 10^7 \ ms^{-1}$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \ ms^{-1}$

প্রথম ক্ষেত্রে রকেটের চলমান ভর m_1 হলে

আমরা জানি,

$$m_1 = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5000 \ kg}{\sqrt{1 - \frac{(3 \times 10^7 ms^{-1})^2}{(3 \times 10^8 ms^{-1})^2}}} = 5025.189 \ kg$$

আবার, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে রকেটের চলমান ভর m_2 হলে,

$$m_2 = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5000 \ kg}{\sqrt{1 - \frac{(6 \times 10^7 ms^{-1})^2}{(3 \times 10^8 ms^{-1})^2}}} = 5103.103 \ kg$$

যেহেতু, $m_2 > m_1$

অতএব, উদ্দীপকে রকেটের বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ভর বেড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬ 4000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো Na পৃষ্ঠে আপতিত হলে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয়। ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি পাওয়া যায় 0.4 eV। *[দি. বো. ২০১৫]*

ক. ভর-ত্রুটি কী? ১

খ. দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 10V বলতে কী বুঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের নির্গত ইলেকট্রন থামাতে হলে Na পাতে কত মানের নিবৃত্তি বিভব প্রয়োগ করতে হবে? ৩

ঘ. যুক্তি দিয়ে বুঝিয়ে দাও যে, একটি নির্দিষ্ট মানের চেয়ে কম মানের কম্পাংকের আলো Na পাতে পড়লে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হবে না। ৪

৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াসের ভর, নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোর মুক্তাবস্থার ভরের সমষ্টির চেয়ে কিছু কম থাকে। ভরের এ পার্থক্যকে ভর ত্রুটি বলে।

খ দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 10V বলতে বুঝায়,
বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে 1C চার্জ স্থানান্তরে 10J কাজ সম্পন্ন হয়।

গ দেওয়া আছে,

ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = 0.4eV$

ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}C$

বের করতে হবে, নিবৃত্তি বিভব, $V_S = ?$

আমরা জানি, $eV_S = K_{max}$

$$\therefore \ V_S = \frac{K_{max}}{e} = \frac{0.4 \times 1.6 \times 10^{-19}J}{1.6 \times 10^{-19}C} = 0.4 \ Volt \ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে, আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000Å = 4 \times 10^{-7}m$

সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = 0.4eV = 6.4 \times 10^{-20}J$

সূচন কম্পাংক f_0 হলে কার্যাপেক্ষক

$$\phi_0 + K_{max} = \frac{\lambda c}{\lambda}$$

বা, $hf_0 = \frac{\lambda c}{\lambda} - K_{max}$

বা, $f_0 = \frac{c}{\lambda} - \frac{K_{max}}{h}$

$$= \left[\frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} - \frac{6.4 \times 10^{-20}}{6.63 \times 10^{-34}}\right] Hz$$

$\therefore f_0 = 6.535 \times 10^{14} \ Hz$

f_0 এর চেয়ে ক্ষুদ্রতর কম্পাংকের তরঙ্গের জন্য শক্তি, $E = hf < hf_0$

বা, $E < \phi_0$, অর্থাৎ সেক্ষেত্রে ধাতব বন্ধন পৃথক করা সম্ভব নয়।

তাই, 6.535×10^{14} Hz এর চেয়ে কম কম্পাংকের আলো Na পাতে পড়লে কোন ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭ একটি তড়িৎ ক্ষরণ নলে X-ray উৎপাদন এর জন্য 12.4kV এবং আরেকবার 24.8kV বিভব পার্থক্য সরবরাহ করা হলো। এই যন্ত্রে ইলেকট্রনের গতিশক্তির 0.3% X-ray উৎপাদন করে। *[কু. বো. ২০১৭]*

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১

খ. P টাইপ অর্ধ পরিবাহীর আধান বাহক হোল– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উৎপাদিত দুই ধরনের X-ray এর ক্ষেত্রে কোনটির ভেদনযোগ্যতা বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পদার্থে সর্বনিম্ন যে কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় তাকে ঐ ধাতব পদার্থের সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তৈরি করা হয় বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহী কেলাসের মধ্যে, বহিঃস্থ কক্ষপথে তিনটি ইলেকট্রন আছে এমন পরমাণু, অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দিয়ে। এতে ভেজাল পরমাণু তার চারপার্শ্বস্থ চারটি মূল পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করতে একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি হয়। ফলে ভেজাল পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষপথে ইলেকট্রনের সংখ্যা হয় সাত, অর্থাৎ যোজন ব্যান্ডে একটি হোল সৃষ্টি হয়।

p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীতে বিভব প্রয়োগ করা হলে হোল তার পার্শ্ববর্তী পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে ফলে পার্শ্ববর্তী পরমাণুতে হোল সৃষ্টি হয়। এভাবে হোল পরমাণু থেকে পরমাণুতে সঞ্চালিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। তাই বলা যায় p টাইপ অর্ধ পরিবাহীর আধান বাহক হোল।

গ দেয়া আছে,

প্রদত্ত বিভব, $V = 12.4\text{kV} = 12.4 \times 10^3\text{V}$

ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.60 \times 10^{-19}\text{C}$

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$

সর্বোচ্চ বেগ, $v_m = ?$

জানা আছে,

$T = eV$

বা, $\frac{1}{2} mv^2_m = eV$

বা, $v^2_m = \frac{2eV}{m}$

বা, $v_m = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.60 \times 10^{-19} \times 12.4 \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}}}$

$\therefore v_m = 6.6 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুযায়ী ১ম ক্ষেত্রে প্রদত্ত বিভব,

$V_1 = 12.4\text{kV} = 12.4 \times 10^3\text{V}$

২য় ক্ষেত্রে প্রদত্ত বিভব, $V_2 = 24.8\text{kV} = 24.8 \times 10^3\text{V}$

মনে করি, ১ম ক্ষেত্রে উৎপন্ন এক্সরের কম্পাঙ্ক f_1 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে f_2

আবার, ইলেকট্রনের গতিশক্তির 0.3% X-ray উৎপন্ন করে।

$\therefore \frac{0.3}{100} \times eV_1 = hf_1$

$\therefore f_1 = \frac{0.3 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 12.4 \times 10^3}{6.63 \times 10^{-34}}$

$= 8.98 \times 10^{15}$ Hz

অনুরূপভাবে, $f_2 = \frac{0.3 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 24.8 \times 10^3}{6.63 \times 10^{-34}}$

$= 1.795 \times 10^{16}$Hz

যেহেতু, $f_2 > f_1$

অতএব, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন এক্সরের ভেদন ক্ষমতা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮ নিলয় সিজিয়াম ধাতুর পাতে 4×10^{-7}m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষণ পরিচালনা করছে। সে নিবৃত্তি বিভবের মান পেল 2V. পরবর্তীতে সে 6.8×10^{-7}m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের লাল আলো ব্যবহার করে। [ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg] *[কু. বো. ২০১৬]*

ক. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. লাল আলো ব্যবহার করায় ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কিনা—ব্যাখ্যা কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সাধারণ পীঠ বিন্যাসের ক্ষেত্রে কোনো ট্রানজিস্টরের নিঃসরক প্রবাহের পরিবর্তনের সাপেক্ষে সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তনের হার $\frac{\Delta i_c}{\Delta i_e}$ কে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক বলে।

খ অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেক্ট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙ্গে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ এখানে, নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 2V$

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ, $v_{max} = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{2} m v_{max}^2 = eV_0$

বা, $v_{max}^2 = \frac{eV_0 \times 2}{m}$

$= \frac{1.6 \times 10^{-19}\text{C} \times 2\text{V} \times 2}{9.1 \times 10^{-31}\text{kg}}$

বা, $v_{max}^2 = 7.0329 \times 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}^2$

$\therefore v_{max} = 8.386 \times 10^5$ m/s

অতএব, ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ $= 8.386 \times 10^5$ m/s **(Ans.)**

ঘ এখানে,

আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4 \times 10^{-7}$m

নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 2V$

প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$Js

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ m/s

লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_R = 6.8 \times 10^{-7}$m

আমরা জানি,

আপতিত ফোটনের শক্তি, $E = h\frac{c}{\lambda}$

$= (6.63 \times 10^{-34}\text{Js}) \times \frac{3 \times 10^8\text{m/s}}{4 \times 10^{-7}\text{m}}$

$= 4.973 \times 10^{-19}$J

এখন, কার্যাপেক্ষক, $W = E - eV_0$

$= 4.973 \times 10^{-19}\text{J} - (1.6 \times 10^{-19}\text{C} \times 2\text{V})$

$= 1.773 \times 10^{-19}$J

লাল বর্ণের ফোটনের শক্তি, $E_R = h\frac{c}{\lambda}$

$= (6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}) \times \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6.8 \times 10^{-7}\text{m}}$

$= 2.925 \times 10^{-19}$J

যেহেতু, $E_R > W$

সুতরাং, লাল আলো ব্যবহার করলে ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে।

প্রশ্ন ▶ ৯ বিজ্ঞান উৎসুক মেধাবী ছাত্রী হুমায়রা তার বাবার সাথে ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়ের পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের গবেষণাগারে গিয়ে একটি পরীক্ষণ দেখতে পায়। উক্ত পরীক্ষায় 0.4Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একটি ফোটন কণা একটি স্থির ইলেকট্রনকে আঘাত করে 55° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়ে যায়। [গবেষণাগারের তালিকা থেকে জানা যায় যে, ইলেকট্রনের ভর = 9.1×10^{-31} kg, আলোর বেগ = $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ এবং প্ল্যাংকের ধ্রুবক = 6.63×10^{-34} Js.] *[কু. বো. ২০১৫]*

ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. বিভব পার্থক্যের S.I. একক $kgm^2A^{-1}s^{-3}$ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের আপতিত ফোটনের শক্তি কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে বিক্ষেপণের পূর্বে ও পরে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ আমরা জানি,

$P_s = VI$

$\therefore V = \frac{P}{I} = \frac{\frac{W}{t}}{I} = \frac{W}{It} = \frac{F \times s}{It} = \frac{m \times a \times s}{It}$

$\therefore$ V এর একক = $\frac{\text{ভরের একক} \times \text{ত্বরণের একক} \times \text{সরণের একক}}{\text{তড়িৎ প্রবাহের একক} \times \text{সময়ের একক}}$

$= \frac{kg \times ms^{-2} \times m}{A \times S}$

$= kgm^2A^{-1}s^{-3}$

গ দেওয়া আছে, আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.4 \times 10^{-10}m$

প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}J.s$

আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

বের করতে হবে, আপতিত ফোটনের শক্তি, E = ?

আমরা জানি, $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}J.s \times 3 \times 10^8 ms^{-1}}{0.4 \times 10^{-10}m}$

$= 4.9725 \times 10^{-15}J$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

আপতিত রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.4\text{Å} = 0.4 \times 10^{-10}m$

স্থির ইলেকট্রনের ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}J.s$

বিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 55°$

আমরা জানি, বিক্ষেপিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta)$

$= 0.4 \times 10^{-10}m + \frac{6.63 \times 10^{-34}J.s}{9.1 \times 10^{-31} kg \times 3 \times 10^8 ms^{-1}}(1 - \cos55°)$

$= 4.10356 \times 10^{-11}m > 0.4 \times 10^{-10}m (= \lambda)$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে যে,

বিক্ষেপণের পূর্বে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, বিক্ষেপণের পরের তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা কম।

প্রশ্ন ▶১০ দুটি ইলেকট্রন যথাক্রমে 0.866c এবং 0.99c বেগে গতিশীল। ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর 9.1×10^{-31}kg। *[চ. বো. ২০১৭]*

ক. কার্যাপেক্ষক কাকে বলে? ১

খ. একই বেগে গতিসম্পন্ন প্রোটন ও ইলেকট্রনের মধ্যে ইলেকট্রন ডি' ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি কেন? ২

গ. প্রথম ইলেকট্রনের গতিশীল ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রথম ইলেকট্রনের আপেক্ষিকতার গতিশক্তি দ্বিতীয় ইলেকট্রনের চেয়ে কম— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে প্রমাণ কর। ৪

১০নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন ধাতুর পৃষ্ঠ থেকে একটি ইলেকট্রন মুক্ত করতে যে ন্যূনতম পরিমাণ শক্তি সরবরাহ করতে হয়, তাকে ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে।

খ ডি-ব্রগলী মতবাদ অনুসারে পদার্থের m ভরের একটি ক্ষুদ্র কণার (ইলেকট্রন অথবা প্রোটন) তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে

$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

এখানে, v = কণার বেগ

এই সমীকরণটি ডি-ব্রগলীয় সমীকরণ নামে পরিচিত। সমীকরণ থেকে দেখা যায়, একই বেগে গতিশীল কণার ভর বেশি হলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য ছোট হবে। যেহেতু, প্রোটনের ভর ইলেকট্রনের ভর অপেক্ষা ইলেকট্রনের বেশি সেহেতু একই বেগে গতিসম্পন্ন প্রোটন অপেক্ষা ইলেকট্রনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি হবে।

গ দেওয়া আছে,

১ম ইলেকট্রনের বেগ, v = 0.866c

১ম ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

আপেক্ষিকতার শর্ত অনুসারে,

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - (0.866)^2}}$

$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{0.5}$

$= 1.82 \times 10^{-30}$ kg **(Ans.)**

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

১ম ইলেকট্রনের গতিশীল ভর, $m = 1.82 \times 10^{-30}$ kg

উদ্দীপক হতে পাই,

২য় ইলেকট্রনের বেগ, $v_1 = 0.99$ c

২য় ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

২য় ইলেকট্রনের গতিশীল ভর, $m' = \frac{m_0}{\sqrt{(1 - v_1^2/c^2)}}$

$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - (0.99)^2}}$

$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{0.141}$

$= 6.45 \times 10^{-30}$ kg

১ম ইলেকট্রনের গতিশক্তি, k_1 এবং ২য় ইলেকট্রনের গতিশক্তি, k_2 এর অনুপাত,

$\frac{k_1}{k_2} = \frac{(m - m_0)c^2}{(m' - m_0)c^2}$

বা, $\frac{k_1}{k_2} = \left(\frac{1.82 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}}{6.45 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}}\right)$

বা, $k_2 = 6.1 \times k_1$,

অতএব, ১ম ইলেকট্রনের আপেক্ষিকতার গতিশক্তি ২য় ইলেকট্রনের চেয়ে কম।

প্রশ্ন ▶১১ আকমলের ভর 55kg এবং বয়স 40 বছর। সে 2.4×10^8 ms^{-1} বেগে গতিশীল মহাশূন্যযানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেল। তার যমজ ভাই তাজমলের বয়স যখন 80 বছর হলো তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো। *[চ. বো. ২০১৫]*

ক. জেনার ভোল্টেজ কাকে বলে? ১

খ. অবতল লেন্সে গঠিত প্রতিবিম্ব পর্দায় উৎপন্ন হয় কি-না? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. মহাশূন্যযানে আকমলের ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে দু'ভাইয়ের বর্তমান বয়স সমান থাকবে কিনা — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

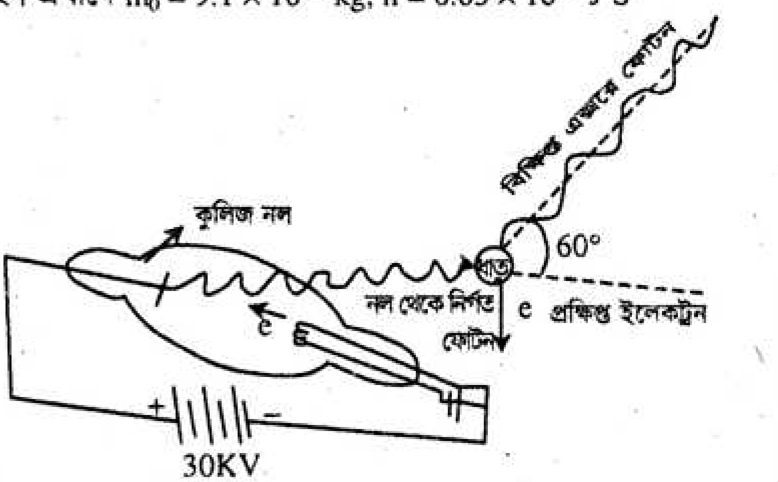
ক p-n জাংশনে বিমুখী ঝোঁকে ভোল্টেজ বাড়াতে থাকলে শেষে এক সময় হঠাৎ করে বিপুল পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। যেন মনে হয় p-n জংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে যে ভোল্টেজের জন্য এরূপ ঘটে তাকে জেনার ভোল্টেজ বা জেনার বিভব (Zener Voltage) বলে।

খ অবতল লেন্সের সামনে একটি লক্ষ্যবস্তু রাখলে লেন্সের সামনে একটি প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এই গঠিত প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সোজা এবং আকারে লক্ষ্যবস্তুর চেয়ে ছোট হয় এবং এই প্রতিবিম্বকে চোখে দেখা যায়, কিন্তু পর্দায় ফেলা যায় না।

গ ১০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 91.67 বছর।

ঘ ৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ১২ নিম্নে একটি ব্যবস্থা দেখানো হল যেখানে কুলিজ নল থেকে উৎপন্ন X রশ্মি ধাতুর পাশ দিয়ে যাওয়ার সময় 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হচ্ছে। এখানে $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$kg, $h = 6.63 \times 10^{-34}$J-S



/সি. বো. ২০১৭/

ক. পারমাণবিক ভর একক বলতে কী বুঝ? ১

খ. L_0 দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুকে আলোর বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এর দৈর্ঘ্যের কিরূপ পরিবর্তন হবে? ২

গ. কুলিজ নল থেকে নির্গত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বিক্ষিপ্ত ফোটন ও প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের তুলনা কর। ৪

১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক ${}^{12}_{6}C$ এর একটি পরমাণুর ভরের $\frac{1}{2}$ অংশকে পারমাণবিক ভর একক (a.m.u) বলা হয়।

1 a.m.u = 1.66057×10^{-27} kg

খ আমরা জানি, আপেক্ষিক দৈর্ঘ্য, $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

এখানে, L_0 = বস্তুর নিশ্চল দৈর্ঘ্য
v = বস্তুর বেগ
c = আলোর বেগ

তখন বস্তুটি আলোর বেগে চললে, v = c

সেক্ষেত্রে, $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
$= L_0\sqrt{1 - 1}$
$= 0 \text{ ms}^{-1}$

সুতরাং L_0 দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুকে আলোর বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এর আপেক্ষিক দৈর্ঘ্য শূন্য হয়ে যাবে।

গ দেওয়া আছে,
বিভব পার্থক্য, $V = 30 \text{ kV} = 30 \times 10^3$V
প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$J–s

জানা আছে,
ফোটনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$C
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

বের করতে হবে, ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ = ?

আমরা জানি,

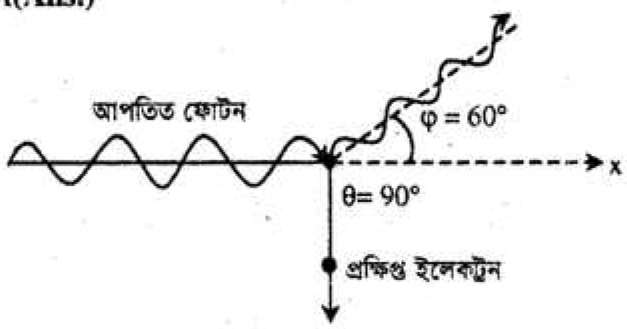
$$eV = \frac{hc}{\lambda}$$

বা, $\lambda = \frac{hc}{eV}$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 30 \times 10^3}$$

= 0.414 Å**(Ans.)**

ঘ চিত্রানুসারে



'গ' অংশ হতে পাই আপতিত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.414$Å
$= 0.414 \times 10^{-10}$m

∴ আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক, $f = \frac{c}{\lambda} = 7.25 \times 10^{18}$ Hz

উদ্দীপক অনুসারে,
ইলেকট্রনের ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ′ হলে,

$$\lambda' = \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos\phi) + \lambda$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}(1 - \cos 60) + 0.414 \times 10^{-10}$$

$$= 4.26 \times 10^{-11} \text{ m}$$

অনুভূমিক ও উলম্ব বরাবর ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা নীতি প্রয়োগ করে পাই,

$$P_\lambda = P_{\lambda'}\cos\varphi + P_e\cos\theta$$

বা, $P_e\cos\theta = P_\lambda - P_{\lambda'}\cos\varphi$ ... (i)

আবার,

$P_{\lambda'}\sin\varphi - P_e\sin\theta = 0$

∴ $P_e\sin\theta = P_{\lambda'}\sin\varphi$

(i) ও (ii) নং কে বর্গ করে যোগ করে পাই,

$$P_e^2 = P_\lambda^2 + P_{\lambda'}^2 - 2P_\lambda P_{\lambda'}\cos\varphi$$

বা, $\left(\frac{P_e}{P_{\lambda'}}\right)^2 = \left(\frac{P_\lambda}{P_{\lambda'}}\right)^2 - 2\left(\frac{P_\lambda}{P_{\lambda'}}\right)\cos\varphi + 1$

বা, $\frac{P_{\lambda'}}{P_e} = \frac{1}{\left\{\left(\frac{P_\lambda}{P_{\lambda'}}\right)^2 - 2\left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)\cos\varphi + 1\right\}^{\frac{1}{2}}}$

বা, $\frac{P_{\lambda'}}{P_e} = \frac{1}{\left\{\left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2 - 2\left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)\cos\varphi + 1\right\}^{\frac{1}{2}}}$

$$= \frac{1}{\left\{\left(\frac{4.26}{4.14}\right)^2 - 2\left(\frac{4.26}{4.14}\right)\cos 60° + 1\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

∴ $\frac{P_{\lambda'}}{P_e} = 0.985$

অর্থাৎ বিক্ষিপ্ত ফোটনের ভরবেগ প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের 0.985 গুণ।

আবার,

$$\tan\theta = \frac{P_{\lambda'}\sin\varphi}{P_\lambda - P_{\lambda'}\cos\varphi}$$

$$= \frac{\frac{h}{\lambda'}\sin\varphi}{\frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda'}\cos\varphi}$$

$$= \frac{\sin\varphi}{\frac{\lambda'}{\lambda} - \cos\varphi}$$

$$= \frac{\sin 60°}{\frac{4.26}{4.14} - \cos 60°}$$

$$= 1.637$$

$$\therefore \theta = 58.58°$$

অতএব, ইলেকট্রন 90° কোণে নয় বরং 58.58° কোণে প্রক্ষিপ্ত হবে এবং বিক্ষিপ্ত কোণের ভরবেগ প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের 0.985 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ১৩ হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম কক্ষের ব্যাসার্ধ ও শক্তি যথাক্রমে 0.53Å এবং −13.6eV। 2.46×10^{15} Hz কম্পাংকের ফোটন দ্বারা উক্ত পরমাণুর প্রথম কক্ষের ইলেকট্রনকে আঘাত করা হল। প্লাংকের ধ্রুবক h = 6.63×10^{-34} Js। /সি. বো. ২০১৬/

ক. অর্ধায়ু কাকে বলে? ১

খ. X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের পরমাণুর তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. আঘাতপ্রাপ্ত ইলেকট্রনটির কী পরিণতি হয়েছিল গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় নমুনায় পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে ভেঙে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

খ X-ray কোন আহিত কণা নয়। এটি একটি তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। যেহেতু X-ray এর ভিতর কোন চার্জ নেই তাই X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র ও তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না।

গ এখানে,

১ম কক্ষের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.53Å$

কক্ষপথ, n = 3,

n তম কক্ষপথের ব্যসার্ধ, $r_n = ?$

আমরা জানি,

$$r_n = n^2.r_1$$
$$= 3^2 \times 0.53Å$$
$$= 4.77 Å$$

অর্থাৎ ৩য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ = 4.77Å **(Ans.)**

ঘ আপতিত ফোটনের শক্তি,

$$E = hf$$
$$= 6.63 \times 10^{-34} Js \times 2.46 \times 10^{15} Hz$$
$$= 1.631 \times 10^{-18} J = 10.2 eV$$

হাইড্রোজেনের প্রথম কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি, $E_1 = -13.6$ eV

$\therefore$ দ্বিতীয় কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি, $E_2 = \frac{-13.6}{2^2}$ eV $= -3.4$ eV

সুতরাং প্রথম কক্ষপথ থেকে ২য় কক্ষপথে ইলেকট্রন যেতে প্রয়োজনীয় শক্তি,

$$E = E_2 - E_1$$
$$= -3.4 eV - (-13.6 eV)$$
$$= 10.2 eV$$

$\therefore$ আপতিত ফোটনের শক্তি = ইলেকট্রনটি প্রথম কক্ষপথ থেকে দ্বিতীয় কক্ষপথে যেতে প্রয়োজনীয় শক্তি

সুতরাং ইলেকট্রনটি দ্বিতীয় কক্ষপথে গমন করবে।

প্রশ্ন ▶ ১৪ পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষাগারে হাসান সাহেব 1m দৈর্ঘ্যের ধাতব বস্তুর ঘনত্ব নির্ণয় করলেন 19.3×10^3 kgm^{-3}। অন্যদিকে পাবনী বস্তুটির দৈর্ঘ্য বরাবর 0.9c বেগে গতিশীল কাঠামো হতে বস্তুটির ঘনত্ব নির্ণয় করলেন। /সি. বো. ২০১৬/

ক. বন্ধন শক্তি কাকে বলে? ১

খ. সূর্য কৃষ্ণগহ্বরে পরিণত হলে পৃথিবী কি সূর্যের চারিদিকে ঘুরবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গতিশীল কাঠামোতে ধাতব বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. হাসান সাহেব ও পাবনী ধাতব বস্তুটির ঘনত্ব একই পাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেঁধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ সূর্য কৃষ্ণ বিবরে পরিণত হলে এর আকার অত্যন্ত ছোট হবে কিন্তু ভরের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না এবং সূর্যের ভরকেন্দ্র থেকে পৃথিবীর দূরত্বের কোনো পরিবর্তন হবে না। এতে সূর্য ও পৃথিবীর আকর্ষণ বলের ও কোনো পরিবর্তন হবে না। ফলে পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরতে থাকবে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.44 M

ঘ এখানে, বেগ, v = 0.9c

স্থিতিশীল দৈর্ঘ্য, $L_o = 1m$

গতিশীল দৈর্ঘ্য, L = 0.435m [গ থেকে]

স্থিতিশীল অবস্থার ঘনত্ব, $\rho_0 = 19.3 \times 10^3$ kgm^{-3}

গতিশীল অবস্থায় ঘনত্ব, ρ = ?

যেহেতু দন্ডটিকে পাবনী দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল করেন অতএব দৈর্ঘ্য বরাবরই শুধু সংকোচন হবে।

ধরি, দন্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = A

আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

কিন্তু $m = \rho V$

বা, $\rho = \frac{m}{v}$

বা, $\rho = \frac{m}{AL}$

বা, $\rho = \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}}{AL_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $\rho = \frac{\frac{m_0}{AL_0}}{1-\frac{v^2}{c^2}}$

বা, $\rho = \frac{\rho_0}{1-\frac{v^2}{c^2}}$

বা, $\rho = \frac{19.3 \times 10^3}{1-(0.9)^2}$

$\therefore \rho = 10.15 \times 10^4$ kgm^{-3}

অর্থাৎ, $\rho > \rho_0$, সুতরাং পাবনীর বস্তুটির ঘনত্ব হাসান অপেক্ষা বেশি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ একটি ধাতুর উপর 2500Å এবং 3500Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আলাদাভাবে ফেলা হলো। ফলে দুটি ক্ষেত্রেই ধাতবপৃষ্ঠ হতে ইলেকট্রন নির্গত হলো। ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক 5.5×10^{14} Hz. /সি. বো.২০১৫/

ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. কোনো গতিশীল কণার বেগের সাথে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক কিরূপ? ২

গ. ধাতুটির কার্য অপেক্ষক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের জন্য উভয়ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভবের তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাংকের আলোকরশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ কোনো গতিশীল কণার বেগের (v) সাথে এর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক নিম্নোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

অর্থাৎ বেগ যত বেশি হবে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য তত ক্ষুদ্র হবে। ওপরোক্ত সমীকরণটিকে ডি-ব্রগলী সমীকরণ বলে।

গ দেওয়া আছে,

ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক, $f_o = 5.5 \times 10^{14}$ Hz

জানা আছে, প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s

বের করতে হবে, কার্যাপেক্ষক, $W_o = ?$

আমরা জানি, $W_o = hf_o$

$$= 6.63 \times 10^{-34}\ \text{J.s} \times 5.5 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$
$$= 3.6465 \times 10^{-19}\ \text{J}$$
$$= \frac{3.6465 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV} = 2.28\ \text{eV}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ প্রথম ক্ষেত্র নিবৃত্তি বিভব V_{S1} হলে,

$$eV_{S1} = K_{max} = hf_1 - hf_o = h\frac{c}{\lambda_1} - hf_o$$

λ_1 হলো প্রথম ক্ষেত্রে তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

$$\therefore V_{S1} = \frac{h\frac{c}{\lambda_1} - hf_o}{e}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34}\ \text{J.S} \times \frac{3 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}}{2500 \times 10^{-10}\text{m}} - 3.6465 \times 10^{-19}\text{J}}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}}$$

$$= 2.69\ \text{Volt}$$

$$V_{S2} = \frac{h\frac{c}{\lambda_2} - hf_o}{e}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34}\ \text{J.s} \times \frac{3 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}}{3500 \times 10^{-10}\text{m}} - 3.6465 \times 10^{-19}\text{J}}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}}$$

$$= 1.273\ \text{volt}$$

সুতরাং যে ক্ষেত্রে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ক্ষুদ্রতর মানের হবে সেক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব বেশি মানের হবে।

প্রশ্ন ▶১৬ 50 বছর বয়সে একজন মহাশূন্যচারী মহাশূন্যযানে চড়ে মহাকাশ অভিযানে গেলেন এবং 30 বছর পর পৃথিবীতে ফিরে এলেন। মহাশূন্যযানের ভর = 720kg মহাশূন্যযানের বেগ = $3.72 \times 10^5\text{ms}^{-1}$, আলোর গতি = $3 \times 10^8\text{ms}^{-1}$. /য. বো. ২০১৭/

ক. নিউক্লিয়ন কী? ১

খ. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পৃথিবীতে মহাশূন্যচারীর বয়স নির্ণয় কর। ৩

ঘ. মহাশূন্যযানের মূল ভরের পরিবর্তন কীরূপ হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল কণার সমন্বয়ে (মূলত প্রোটন ও নিউট্রন) পরমাণুর নিউক্লিয়াস গঠিত, তাদেরকে নিউক্লিয়ন বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা হতে আমরা জানি যে, m_0 স্থির ভরের কোন বস্তু v বেগে চললে তার গতিশীল ভর m হবে।

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

v = c হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-1}} = \infty$, অর্থাৎ বস্তুটিকে c বেগে গতিশীল করতে সরবরাহকৃত শক্তির পরিমাণ = $(m - m_0)\ c^2 = \infty$ যা অসম্ভব। তাই কোন বস্তু আলোর বেগে চলতে পারে না।

গ দেওয়া আছে,

ভূপৃষ্ঠ থেকে নিণীত সময় ব্যবধান, t = 30y

মহাশূন্যযানের বেগ, $v = 3.72 \times 10^5\ \text{ms}^{-1}$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}$

মহাশূন্যযানে মহাশূন্যচারীর বয়স, $t_0 = ?$

আমরা জানি,

$$t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$
$$= 30\sqrt{1 - \left(\frac{3.72 \times 10^5}{3 \times 10^8}\right)^2}$$
$$= 29.99\text{y}$$

অর্থাৎ পৃথিবীতে মহাশূন্যচারীর বয়স $= t_0 + 50$
$$= 29.99 + 50$$
$$= 79.99\text{y}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

মহাশূন্যযানের নিশ্চল ভর, $m_0 = 720$ kg

মহাশূন্যযানের বেগ, $v = 3.72 \times 10^5\ \text{ms}^{-1}$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}$

গতিশীল ভর, m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$
$$= \frac{720}{\sqrt{1 - \left(\frac{3.72 \times 10^5}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$
$$= 720.00055\ \text{kg}$$

অর্থাৎ গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যযানের মূল ভর বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶১৭ কোনো ধাতব পাত হতে ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য এর উপর 2500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হল। ধাতুটির কার্যাপেক্ষক 2.3 eV। প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J – s। /য. বো. ২০১৬/

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে নিঃসৃত ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ কত হবে? বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত ধাতুর উপর 5897Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পতিত হলে ইলেকট্রন মুক্ত হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে অর্ধপরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ সুবিধাজনক নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ ভেজাল দেয়া হয়। ভেজাল পদার্থের বাষ্প উত্তপ্ত অবস্থায় বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর মধ্য দিয়ে চালনা করে ভেজাল দেয়ার পদ্ধতিকে ডোপিং বলা হয়।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতির সূত্র $\left(\Delta x \Delta P \geq \frac{h}{2\pi}\right)$ ব্যবহার করে নির্দিষ্ট গাণিতিক বিশ্লেষণে পাওয়া যায় যে, ইলেকট্রনের নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে থাকতে হলে একে 37.6 MeV শক্তির অধিকারী হতে হবে। কিন্তু পরীক্ষালব্ধ ফলাফল থেকে দেখা যায় যে, ইলেকট্রনের শক্তি 4 MeV এর অধিক হয় না। সুতরাং নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

গ এখানে,

আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2500\ A°$
$= 2500 \times 10^{-10}$ m

ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi = 2.3$ eV
$= 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
$= 3.68 \times 10^{-19}$ J

আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $v_{max} = ?$

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

আমরা জানি,

$hf = K_{max} + \phi$

বা, $hf = \frac{1}{2}m(v_{max})^2 + \phi$

বা, $\frac{1}{2}m(v_{max})^2 = hf - \phi$

বা, $\frac{1}{2}m(v_{max})^2 = \frac{hc}{\lambda} - \phi$

বা, $\frac{1}{2}m(v_{max})^2 = \frac{(6.63 \times 10^{-34}\ Js) \times (3 \times 10^8 ms^{-1})}{(2500 \times 10^{-10} m)} - (3.68 \times 10^{-19}\ J)$

বা, $\frac{1}{2}m(v_{max})^2 = 4.28 \times 10^{-19}$ J

বা, $v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times (4.28 \times 10^{-19} J)}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 4.28 \times 10^{-19} J}{9.1 \times 10^{-31}\ kg}}$

$= 9.7 \times 10^5\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

কার্যাপেক্ষা, $\phi_0 = 2.3$eV

আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5897$Å

∴ সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0 হলে,

$\frac{hc}{\lambda_0} = \varphi_0$

বা, $\lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}$ m

$= 5.40168 \times 10^{-7}$m

$= 5401.68$Å

$\lambda > \lambda_0$, অর্থাৎ এক্ষেত্রে কোন ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৮ 0.2500nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের এক্স-রশ্মি কোনো লক্ষ্যবস্তুতে আঘাত হেনে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হল। যেখানে ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর 9.1×10^{-31} kg এবং প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক 6.63×10^{-34} Js. /য. বো. ২০১৩/

ক. অর্ধায়ু কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয় ফিউশন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বিক্ষিপ্ত এক্স-রশ্মিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বিক্ষিপ্ত এক্স-রশ্মিটির শক্তি, আপতিত রশ্মিটির চেয়ে অতি সামান্য কম— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

খ একাধিক হালকা পরমাণুর নিউক্লিয়াসের সংযুক্তির ফলে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠিত হয় এবং প্রচুর পরিমাণে নিউক্লিয় শক্তি উৎপন্ন হয়। নিউক্লিয়াসের এই সংযোগকে নিউক্লীয় ফিউশন বলা হয়। যেমন,

${}_1H^2 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1 +$ শক্তি

এক্ষেত্রে দুটি ডিওটেরনের সংযোগের ফলে একটি হিলিয়াম ${}_2He^3$ নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়। নিউক্লীয় ফিউশনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন নিউট্রন ও নিউক্লিয়াসটির মোট ভর বিক্রিয়ক নিউক্লিয়াসগুলোর মোট ভর অপেক্ষা কিছু কম হয়। এই হ্রাসকৃত ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

গ ধরি, বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য = λ'

উদ্দীপক হতে পাই,

বিক্ষেপ কোণ, $\varphi = 60°$

ইলেকট্রনের ভর, $m_o = 9.1 \times 10^{-31}$kg

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

আপতিত এক্স রশ্মি তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.2500$m
$= 0.2500 \times 10^{-9}$m

আমরা জানি, $\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_o c}(1 - \cos\varphi)$

$= 0.2500 \times 10^{-10}\ m + \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}(1 - \cos 60°)$

$= 0.2500 \times 10^{-9}m + 0.001214 \times 10^{-9}m$
$= 0.2500nm + 0.001214nm$
$= 0.252114nm$

অতএব, বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.25124nm। **(Ans.)**

ঘ এখানে,

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$J-s

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.2500nm = 0.2500 \times 10^{-9}m$

বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda' = 0.251214nm$
$= 0.251214 \times 10^{-9}m$
['গ' নং থেকে প্রাপ্ত]

আপতিত এক্স রশ্মির শক্তি, $E_1 = \frac{hc}{\lambda}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.2500 \times 10^{-9}}$

$= 79.176 \times 10^{-17}$J

$\Delta E = E_1 - E_2$
$= 0.384 \times 10^{-17}$J (যা অতি সামান্য)

∴ উক্তিটির তথ্য সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ১৯ কোনো ধাতুর উপর 2500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অতিবেগুণী রশ্মি ফেলা হল। ধাতুর কার্য অপেক্ষক 2.3eV। /ব. বো. ২০১৭/

ক. লেঞ্জ এর সূত্রটি লিখ। ১

খ. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয় না কেন? ২

গ. নিঃসৃত ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্য হতে আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক বনাম গতিশক্তির লেখচিত্র অংকনপূর্বক লেখটি কম্পাঙ্ক অক্ষকে ছেদ করার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা তড়িৎ প্রবাহের দিক এমন হবে যেন তা যে কারণে সৃষ্টি হয়েছে সে কারণকেই বাধা দেয়।

খ আমরা জানি কোনো ধাতু থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করতে ন্যূনতম একটি শক্তির প্রয়োজন। এ ন্যূনতম শক্তিকে উক্ত ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে। কোয়ান্টাম তত্ত্ব থেকে আমরা জানি, কম্পাংকের একটি ফোটনের শক্তি $E = hf$। এখন আপতিত ফোটনের শক্তি কমপক্ষে কার্যাপেক্ষকের সমান হলে ইলেকট্রন নির্গত হবে। এরূপ ফোটনের কম্পাঙ্ক হচ্ছে সূচন কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য হচ্ছে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য। এখন যদি এর থেকে কম কম্পাঙ্কের ফোটন আপতিত হয় তবে ফোটনের শক্তি কম হবে ফলে ইলেকট্রন নির্গত হবে না। কম্পাঙ্ক কম হওয়ার অর্থ হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বড় হওয়া। তাই সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয় না।

গ দেওয়া আছে, ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $W_0 = 2.3\text{ eV} = 3.68 \times 10^{-19}\text{ J}$
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2500\text{Å} = 2500 \times 10^{-10}\text{ m}$

সুতরাং আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক, $f = \dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{3 \times 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}{2500 \times 10^{-10}\text{ m}}$
$= 1.2 \times 10^{15}\text{ Hz}$

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}\text{ kg}$
ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $v_{max} = ?$
আমরা জানি,

বা, $K_{max} = hf - W_0$
$= 6.63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s} \times 1.2 \times 10^{15}\text{ Hz} - 3.68 \times 10^{-19}\text{ J}$
$= 7.956 \times 10^{-19}\text{ J} - 3.68 \times 10^{-19}\text{ J}$
$= 4.276 \times 10^{-19}\text{ J}$

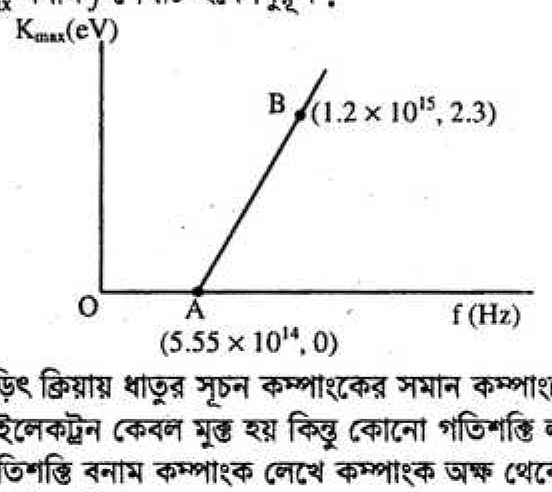
বা, $\dfrac{1}{2}mv_{max}^2 = 4.276 \times 10^{-19}\text{ J}$

বা, $v_{max}^2 = \dfrac{2 \times 4.276 \times 10^{-19}\text{ J}}{9.1 \times 10^{-31}\text{ kg}} = 939780219 78\text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$

$\therefore v_{max} = 9.7 \times 10^5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের তথ্যানুসারে,
ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $W_0 = 2.3\text{ eV} = 3.68 \times 10^{-19}\text{ J}$
$\therefore$ সূচন কম্পাংক f_0 হলে, $hf_0 = W_0$
$\therefore f_0 = \dfrac{W_0}{h} = \dfrac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}\text{Hz}$
$= 5.55 \times 10^{14}\text{ Hz}$

'গ' হতে পাই, আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক, $f = 1.2 \times 10^{15}\text{ Hz}$
এবং ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,
$K_{max} = 4.276 \times 10^{-19}\text{ J} = 2.67\text{ eV}$
$f = f_0$ এর জন্য,
$K_{max} = h(f_0 - f_0) = 0$
অতএব, K_{max} বনাম f লেখটি $(5.55 \times 10^{14}, 0)$ এবং $(1.2 \times 10^{15}, 2.67)$ বিন্দু দিয়ে গমন করে।
সুতরাং K_{max} বনাম f লেখটি হবে নিরূপ :



আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় ধাতুর সূচন কম্পাংকের সমান কম্পাংকের জন্য ধাতু থেকে ইলেকট্রন কেবল মুক্ত হয় কিন্তু কোনো গতিশক্তি লাভ করে না। তাই গতিশক্তি বনাম কম্পাংক লেখে কম্পাংক অক্ষ থেকে সূচন কম্পাংক নির্দেশকারী অংশ ছেদ করে।

প্রশ্ন ▶২০ ফটো-তড়িৎ প্রক্রিয়া পর্যবেক্ষণের জন্য মিথিলা পটাশিয়াম ধাতুর উপর উপযুক্ত কম্পাঙ্কের একটি আলো আপতিত করল। পটাশিয়াম পৃষ্ঠ হতে যে ইলেকট্রন নির্গত হল তার গতিশক্তি 1.4eV। পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক হল 2.0eV। নাবিলা 10KV বিভব পার্থক্য একটি ইলেকট্রনকে গতিশীল করল। *[ব. বো. ২০১৬]*

ক. কৃষ্ণ গহ্বর কী? ১
খ. ঘূর্ণনশীল কাঠামো জড় প্রসঙ্গ কাঠামো নয়—ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের পটাশিয়ামের উপর আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ছিল? ৩
ঘ. উদ্দীপকের উভয় ইলেকট্রনের গতিবেগ একই ছিল কী?—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার মতামত দাও। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তিন সৌর ভরের সমান বা বেশি ভরের নক্ষত্রের সুপার নোভা বিস্ফোরণের পর এর অন্তর্বস্তু অনির্দিষ্টভাবে সংকুচিত হতে থাকে। সংকোচনের কারণে আয়তন প্রায় শূন্য এবং ঘনত্ব অসীম হওয়ায় মহাকর্ষ ক্ষেত্র এমন প্রবল হয় যে, এ জাতীয় বস্তু থেকে এর মহাকর্ষকে কাটিয়ে কোন প্রকার আলো এমনকি সংকেতও বেরিয়ে আসতে পারে না। তাই বস্তুটিকে আর দেখা যায় না। নক্ষত্রের এই অবস্থাকে বলা হয় কৃষ্ণ গহ্বর।

খ পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্র অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে। ঘূর্ণনশীল বস্তুর বেগ প্রতিনিয়ত বৃদ্ধি পায় বলে এটি ধ্রুববেগে গতিশীল নয় অর্থাৎ ঘূর্ণনশীল বস্তুর ত্বরণ থাকে। আমরা জানি যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোর ত্বরণ থাকে তাদেরকে অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে। এ কারণে ঘূর্ণনশীল কাঠামো জড় প্রসঙ্গ কাঠামো নয়। বরং এটি অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো।

গ উদ্দীপক হতে পাই,
গতিশক্তি, $K_{max} = 1.4\text{ eV}$
বা, $K_{max} = 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$
কার্যাপেক্ষক, $\phi = 2.0\text{ eV}$
$= 2.0 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$
জানা আছে, প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{ J.s}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\text{ ms}^{-1}$
আপতিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$
আমরা জানি, $E = K_{max} + \phi$

বা, $\dfrac{hc}{\lambda} = K_{max} + \phi$

বা, $\dfrac{hc}{\lambda} = 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} + 2.0 \times 1.6 \times 10^{-19}$

বা, $\dfrac{hc}{\lambda} = 5.44 \times 10^{-19}$

বা, $\lambda = \dfrac{hc}{5.44 \times 10^{-19}}$

বা, $\lambda = \dfrac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5.44 \times 10^{-19}}$

$\therefore \lambda = 3.656 \times 10^{-7}\text{ m}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,
মিথিলার ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $K_{max} = 1.4\text{ eV}$
$= 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$
নাবিলার ইলেকট্রনের বিভব পার্থক্য, $V_o = 10\text{ KV}$
$= 10 \times 10^3\text{ V}$
ধরি, মিথিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ $= v_m$ এবং
নাবিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ $= v_n$
জানা আছে, ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}\text{ Kg}$
ইলেকট্রনের আধান, $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$

মিথিলার ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$K_{max} = \frac{1}{2} mv_m^2$$

$$\text{বা, } v_m = \sqrt{\frac{2K_{max}}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$= 701.64 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$$

আবার, নাবিলার ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$K_{max} = eV_o$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv_n^2 = eV_o$$

$$\text{বা, } v_n = \sqrt{\frac{2eV_o}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10 \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$= 59.3 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, উদ্দীপকের উভয় ইলেকট্রনের গতিবেগ একই ছিল না। নাবিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ মিথিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ অপেক্ষা বেশি ছিল।

প্রশ্ন ▶২১ 20 kg ভরের ও 10m দৈর্ঘ্যের কোনো একটি বস্তু স্থিরাবস্থা থেকে 0.5c বেগে চলা আরম্ভ করলো। *[ব. বো. ২০১৫]*

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১

খ. ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুটির গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে গতিশক্তি এক নয় — উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্যের আলোকে বিশ্লেষণ কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধান ঐ পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী কাল ব্যবধানের চেয়ে বেশি হয়, এই প্রভাবকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ $E = mc^2$ সূত্রানুসারে ভর (m) ও শক্তি (E) পরস্পর রূপান্তরযোগ্য। ভর ও শক্তি মূলত একই সত্তার দুটি ভিন্নরূপ নিউক্লিয় ফিশন বা ফিউশন বিক্রিয়ায় সময় ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ঠিক তেমনি শক্তিকে ভরে রূপান্তর করা সম্ভব। এ পদ্ধতিতেই পজিট্রন এবং হিগস-বোসন কণা আবিষ্কৃত হয়েছে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.66 M

ঘ নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি, $E = \frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{1}{2} \times 20 \text{ kg} \times (0.5 \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = 2.25 \times 10^{17} \text{J}$

আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে গতিশক্তি, $E' = (m - m_0)c^2$

$$= \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_o\right)c^2$$

$$= \left(\frac{20 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.5c}{c}\right)^2}} - 20 \text{ kg}\right) \times (3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2$$

$$= (23.094 \text{ kg} - 20 \text{ kg}) \times 9 \times 10^{16} \text{ m}^2\text{s}^{-2}$$

$$= 2.7846 \times 10^{17} \text{J}$$

যেহেতু $2.25 \times 10^{17} \text{J} \neq 2.7846 \times 10^{17} \text{J}$

অর্থাৎ $E \neq E'$

সুতরাং নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে প্রাপ্ত গতিশক্তি এক নয়।

প্রশ্ন ▶২২ দুটি ইলেকট্রন যথাক্রমে 0.866 C এবং 0.99 c দ্রুতিতে চলছে। ইলেকট্রনের স্থির ভর $= 9.1 \times 10^{-31}$ kg।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও : *[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]*

ক. কার্যাপেক্ষক কী? ১

খ. সমদ্রুতিতে চলমান ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যে ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথমে ইলেকট্রনটির গতিশীল ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রথম ইলেকট্রনটির আপেক্ষিক গতিশক্তি, দ্বিতীয় ইলেকট্রনটির আপেক্ষিক গতিশক্তি অপেক্ষা কম— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

১০ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶২৩ ফাহিম এবং তাসমিন দুই বন্ধু। তাদের উভয়ের বয়স ৩৫ বছর। তাসমিন নাসার একজন বিজ্ঞানী। সে একটি মহাশূন্যযানে করে $2.5 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ বেগে মহাশূন্যে গেল। পৃথিবীতে তাসমিনের ভর ছিল 60 কেজি। পৃথিবীর হিসেবে সে 10 বছর পর ফিরে আসলো। *[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]*

ক. কার্যাপেক্ষক কী? ১

খ. কেন বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতিতে ব্যবহারোপযোগী নয়? ২

গ. মহাশূন্যে তাসমিনের ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তাসমিন 10 বছর পরে ফেরার পর তাদের বয়স একই ছিল না উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উক্তিটির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখণ্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

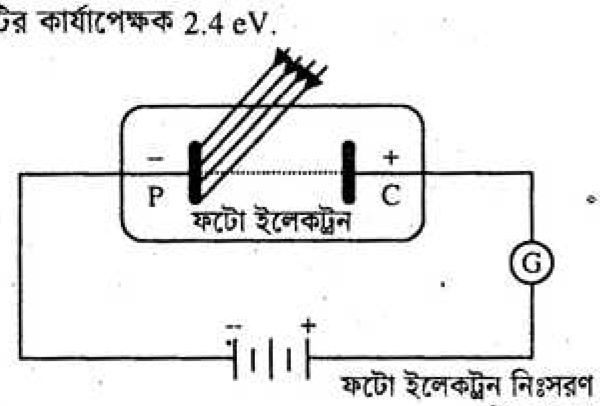
খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে কেবল নগণ্য পরিমাণ ইলেকট্রন ও হোল থাকে যা তাপমাত্রার সাথে বৃদ্ধি পায় কিন্তু কক্ষ তাপমাত্রায় আধান বহনকারী ইলেকট্রন ও হোলের সংখ্যা খুব কম থাকে বলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ খুবই নগন্য হয়। ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি চালানোর জন্য যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ প্রয়োজন, তা এ নগন্য তড়িৎপ্রবাহ অপেক্ষা অনেক বেশি। তাই বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীকে ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি তৈরিতে ব্যবহৃত হয় না।

গ ১১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 108.54 kg.

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** একই ছিলো না।

প্রশ্ন ▶২৪ 4.3×10^{14}Hz, 6.5×10^{14}Hz এবং 5.6×10^{14}Hz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট যথাক্রমে লাল, নীল ও সবুজ আলো একটি ধাতুর উপর আপতিত হয়। ধাতুটির কার্যাপেক্ষক 2.4 eV.



[পাবনা ক্যাডেট কলেজ]

ক. ফটো-ইলেক্ট্রিক ক্রিয়া কী? ১

খ. উদ্দীপক হতে ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক বের করো। ২

গ. ফটো ইলেক্টনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত তথ্য ব্যবহার করে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও যে— কম্পাঙ্ক বৃদ্ধির সাথে সাথে নিবৃত্তি বিভবও বৃদ্ধি পায়। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বা ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়া বলে।

খ ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক f_0 হলে,

$\varphi = hf_0$, h = প্লাংকের ধ্রুবক

$\therefore f_0 = \frac{\varphi}{h}$

$= \frac{2.4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$

$= 5.79 \times 10^{14}$ Hz **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
কার্যাপেক্ষক, $\varphi = 2.4$ eV $= 2.4 \times 1.6 \times 10^{-19}$J

গ যেহেতু কেবলমাত্র নীল আলোর কম্পাঙ্কই ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি, তাই শুধুমাত্র নীল আলোই ফটো ইলেকট্রন নির্গত করতে পারবে।
নির্গত ইলেকট্রনের ভর = m এবং সর্বোচ্চ বেগ = v_m হলে,

$hf_B = \frac{1}{2} mv_m^2 + hf_0$

$\Rightarrow V_m = \sqrt{\frac{2h(f_B - f_0)}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 6.63 \times 10^{-34} \times (6.5 - 5.79) \times 10^{14}}{9.11 \times 10^{-31}}}$

$= 3.21 \times 10^5$ m/s. **(Ans.)**

'খ' হতে পাই,
ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 5.79 \times 10^{14}$ Hz
দেওয়া আছে,
লাল আলোর কম্পাঙ্ক $f_R = 4.3 \times 10^{14}$Hz
নীল আলোর কম্পাঙ্ক, $f_B = 6.5 \times 10^{14}$Hz
সবুজ আলোর কম্পাঙ্ক, $f_G = 5.6 \times 10^{14}$Hz

ঘ আমরা জানি, নিবৃত্তি বিভব হলো একটি ফটো ইলেকট্রনকে নির্গত হওয়া থেকে বিরত রাখতে যে বিভবের প্রয়োজন হয় তা। উদ্দীপকে যে তিনটি কম্পাঙ্ক দেয়া আছে তাদের মধ্যে শুধুমাত্র নীল আলোর কম্পাঙ্ক ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি ('খ' হতে)। অতএব উদ্দীপকের তথ্য ব্যবহার করে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এটা দেখানো সম্ভব নয় যে কম্পাঙ্ক বৃদ্ধির সাথে সাথে নিবৃত্তি বিভবও বৃদ্ধি পায়। যদি উদ্দীপকে ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি একাধিক কম্পাঙ্ক (যেমন– অতিবেগুনী, X-ray ইত্যাদি) দেয়া থাকত তবে তা হতে প্রাপ্ত নিবৃত্তি বিভব নির্ণয় করে লেখচিত্র অঙ্কনের মাধ্যমে উক্তিটির সত্যতা যাচাই সম্ভব হতো।

প্রশ্ন ▶ ২৫ একটি রকেটের ভর 200 kg এবং দৈর্ঘ্য 10m। এটি 0.5 c বেগ নিয়ে পৃথিবী থেকে চলা শুরু করল। *[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]*

ক. সময়ের আপেক্ষিকতা কি? ১
খ. কৃষ্ণ বিবরকে কেন ঘটনা দিগন্ত বলা হয়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গতিশীল অবস্থায় রকেটের দৈর্ঘ্য বের করো। ৩
ঘ. এখানে কি রকেটের নিউটনীয়ান গতিশক্তি এবং আইনস্টাইনীয় গতিশক্তির মধ্যে পার্থক্য আছে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

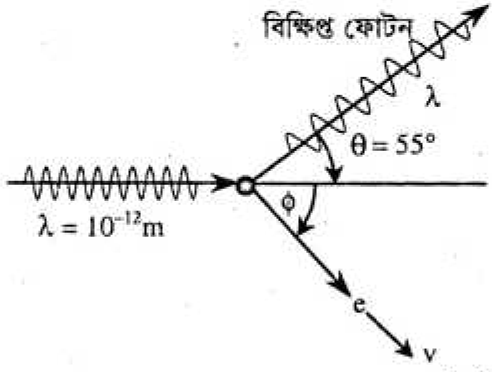
ক পর্যবেক্ষক এবং যা পর্যবেক্ষণ করা হচ্ছে তার মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে সময় পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে বলা হয় সময়ের আপেক্ষিকতা।

খ কৃষ্ণবিবরের চারপাশে যে অঞ্চলের মধ্যে কোনো ঘটনা বাইরের কোনো পর্যবেক্ষণ দেখতে পায়না, সে অঞ্চলকে কৃষ্ণ বিবরের ঘটনা দিগন্ত বলে।

গ ২১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.66m

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২৬ ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষের ফলে 10^{-12}m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আপতিত ফোটন 55° কোণে বিক্ষিপ্ত হয় যা নিচের চিত্রে দেখানো হলো:



[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১
খ. ফটো তড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কী শর্তে দুটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.024m হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি যখন কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয় তখন ধাতব পৃষ্ঠের ইলেকট্রন আলোক রশ্মি থেকে শক্তি গ্রহণ করে। যখনই ইলেকট্রন দ্বারা গৃহীত শক্তি ধাতব পৃষ্ঠে তার বন্ধন শক্তির চেয়ে বেশি হয়, তখনই ইলেকট্রন ধাতব পৃষ্ঠ থেকে বেরিয়ে আসে। আলোকের প্রভাবে ইলেকট্রন নির্গত হয় বলে এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

গ বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e}(1 - \cos\theta)$

$= 10^{-12} + \frac{6.63 \times 10^{-34}(1 - \cos 55°)}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}$

$= 2.034 \times 10^{-12}$m

এখানে,
আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 10^{-12}$m
বিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 55°$
বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি, $E' = ?$

$\therefore$ বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি,

$$E' = \frac{hc}{\lambda'}$$

বা, $E' = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.034 \times 10^{-12}}$ J

$= 9.776 \times 10^{-14}$J

$= 611$ KeV **(Ans.)**

ঘ কম্পটন বিক্ষেপণে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ব্যবধান,

$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta)$;

সর্বোচ্চ ব্যবধানের ক্ষেত্রে,

$\frac{d}{d\theta}(\Delta\lambda) = \frac{h}{m_0c}(\sin\theta) = 0$

বা, $\sin\theta = 0$

$\therefore \theta = 0, 180°$

$\Delta\lambda_{max} = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos180°)$

$= \frac{2h}{m_0c}$

$\Delta\lambda_{min} = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos0)$

$= 0$

$\therefore \Delta\lambda_{max} = \frac{2 \times 6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}$

$= 4.85 \times 10^{-12} m$

$= 0.0485 \mathring{A} <<< 0.024 m$

অতএব, কোন শর্তেই দুটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.024m হতে পারে না।

প্রশ্ন ▶ ২৭ X এবং Y দুটি জড়প্রসজ্ঞা কাঠামো। 100kg ভরের একজন নভোচারী 30 বছর বয়সে ছায়াপথ অনুসন্ধানের জন্য মহাশূণ্যতরীতে করে X প্রসজ্ঞা কাঠামোর সাপেক্ষে $2.4 \times 10^8 ms^{-1}$ বেগে ভ্রমণ করে এবং এই কাঠামো অনুযায়ী 50 বছর পর ফিরে আসে। *[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]*

ক. জড়প্রসজ্ঞা কাঠামো কাকে বলে? ১

খ. লরেন্টজ রূপান্তরকে কিভাবে গ্যালিলিয়ান রূপান্তরে পরিণত করা যায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মহাশূন্য ভ্রমণের পর মহাকাশচারীর বয়স কত হবে? ৩

ঘ. উপরের উদ্দীপকের ভর এবং সময়ের পার্থক্য কি একই হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তোমার যুক্তি দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসজ্ঞা কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায়, তাদেরকে জড় প্রসজ্ঞা কাঠামো বলে।

খ যখন $v << c$ তখন $\frac{v}{c} \approx 0$

এবং লরেন্টজ রূপান্তরের সমীকরণগুলো দাঁড়ায়

$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$

এবং $y' = y$ $z' = z$

$t' = t$

এটি গ্যালিলিও রূপান্তরের সমীকরণ।

গ ১৬(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 60 y।

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

মহাশূন্যচারীর স্থির অবস্থায় ভর, $m_o = 100$ kg

মহাশূন্যযানের বেগ, $v = 2.4 \times 10^8 ms^{-1}$

'গ' অংশ হতে পাই,

সময়ের পরিবর্তন, $\Delta t = t - t_0$

$= 50 - 30 = 20$ বছর।

গতিশীল অবস্থায় ভর m হলে,

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{100}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.4 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}}$

$= 277.77 kg$

$\therefore$ ভরের পরিবর্তন $= (277.77 - 100)$ kg

$= 177.77$ kg

লক্ষ্যকরি, $20 \neq 177.77$

অতএব, উদ্দীপকে ভর ও সময়ের পরিবর্তন একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৮ একজন মহাশূন্যচারী 100m দৈর্ঘ্য এবং ২ টন ওজন বিশিষ্ট একটি মহাশূন্যযানে চড়ে মহাশূন্যে ভ্রমণ করেন। তিনি তাঁর হিসেব মতে 1 দিন পর ফেরত আসেন। কিন্তু পৃথিবীর হিসেব মতে তিনি ৪ দিন পরে আসেন। *[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]*

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১

খ. আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্যগুলি লিখো। ২

গ. মহাশূন্যে মহাশূন্য যানটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য ও ভরের কীরূপ পরিবর্তন হয়েছিলো। বিশ্লেষণ করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ :

১. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে ধাবমান সকল প্রসজ্ঞা কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসজ্ঞা কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

২. শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ উদ্দীপক মতে,

স্থির কাঠামোতে অতিবাহিত সময়, $t = 8$ day

গতিশীল কাঠামোতে অতিবাহিত সময়, $t_0 = 1$ day

জানা আছে, শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

বের করতে হবে, মহাশূন্যযানের বেগ, $v = ?$

আমরা জানি, $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{t_0}{t}$

বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{t_0}{t}\right)^2$ বা, $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2$

বা, $v^2 = c^2\left\{1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2\right\}$

$\therefore v = c\sqrt{1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2} = 3 \times 10^8 ms^{-1} \times \sqrt{1 - \left(\frac{1 \text{ day}}{8 \text{ day}}\right)^2}$

$= 2.9765 \times 10^8 ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

নিশ্চল অবস্থায় মহাশূন্যটির দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100m$

এবং ভর, $m_0 = 2$ ton

'গ' অংশ হতে পাই,

মহাশূন্যযানের গতিবেগ, $v = 2.9765 \times 10^8 ms^{-1}$

জানা আছে, শূন্যস্থানে আলোর গতিবেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

সুতরাং চলমান অবস্থায় মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য,

$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 100m \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.9765 \times 10^8 ms^{-1}}{3 \times 10^8 ms^{-1}}\right)^2}$

$= 12.5$ m

এবং ভর, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2 \text{ ton}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.9765 \times 10^8 ms^{-1}}{3 \times 10^8 ms^{-1}}\right)^2}}$

$= \frac{2 \text{ ton}}{0.125} = 16$ ton

লক্ষ্য করি, $\frac{\text{চলমান দৈর্ঘ্য}}{\text{নিশ্চল দৈর্ঘ্য}} = \frac{12.5m}{100m} = \frac{1}{8}$

এবং $\frac{\text{চলমান ভর}}{\text{নিশ্চল ভর}} = \frac{16 \text{ ton}}{2 \text{ ton}} = 8$

সুতরাং, মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য এর নিশ্চল দৈর্ঘ্যের $\frac{1}{8}$ অংশে নেমে এসেছিল এবং এর চলমান অবস্থার ভর স্থির অবস্থায় ভরের ৪ গুণ হয়েছিল।

প্রশ্ন ▶২৯ ফটো তড়িৎ পরীক্ষায় 4400Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পটাশিয়ামের উপর আপতিত হলে ইলেকট্রন শুধু নির্গত হয়। কিন্তু 1500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয়ে কিছু পরিমাণ গতিশক্তি লাভ করে। *[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]*

ক. কৃষ্ণ বিবর কী? ১

খ. n-type অর্ধপরিবাহী কী ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইলেকট্রনের গতিশক্তি লাভের কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 3.2 সৌর ভরের সমান বা বেশি ভরের নক্ষত্রের সুপার নোভা বিস্ফোরণের পর এর অন্তর্বস্তু অনির্দিষ্টভাবে সংকুচিত হতে থাকে। সংকোচনের কারণে আয়তন প্রায় শূন্য এবং ঘনত্ব অসীম হওয়ায় মহাকর্ষ ক্ষেত্র এমন প্রবল হয় যে, এ জাতীয় বস্তু থেকে এর মহাকর্ষকে কাটিয়ে কোন প্রকার আলো এমনকি সংকেতও বেরিয়ে আসতে পারে না। তাই বস্তুটিকে আর দেখা যায় না। নক্ষত্রের এই অবস্থাকে বলা হয় কৃষ্ণবিবর।

খ বিশুদ্ধ সিলিকন বা জার্মেনিয়াম অর্ধপরিবাহীর সাথে পাঁচটি ইলেকট্রন আছে এমন পরমাণু অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দেওয়া হলে তা n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীতে পরিণত হয়। n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ। কারণ ভেজাল পরমাণুর চারটি ইলেকট্রন চারটি জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর সাথে বন্ধন সৃষ্টি করলেও পঞ্চম ইলেকট্রনটি মুক্ত ইলেকট্রন হিসেবে পরিবহন ব্যান্ডে অবস্থান করে। যা কেলাসের পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কেলাসের মধ্যে মোট ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যা সমান থাকে। ফলে অর্ধপরিবাহী স্ফটিকে কোন নীট চার্জ থাকে না। অর্থাৎ n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ, ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত নয়।

গ ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

ঘ ২(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৩০ একটি হকি মাঠের দৈর্ঘ্য 100m এবং প্রস্থ 60m। দুই বন্ধু দুটি কাল্পনিক রকেটে করে 0.7c বেগে ১ম বন্ধু দৈর্ঘ্য বরাবর ও দ্বিতীয় জন প্রস্থ বরাবর মাঠ অতিক্রম করল। গতিশীল অবস্থায় দুই বন্ধু মাঠের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করল। প্রতিটি রকেটের স্থির ভর 10 টন। *[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]*

ক. তেজস্ক্রিয় ধ্রুবক কী? ১

খ. হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথে ইলেকট্রনের স্থানান্তরের জন্য কখনোই X-রশ্মি নির্গত হয় না ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গতিশীল অবস্থায় রকেটের ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের দুই বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রীয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভেঙে যাওয়ার সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ উচ্চ গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন কোণ শক্ত ধাতুকে আঘাত করলে তার গতিশক্তির একটি অংশ উচ্চ কম্পাংক বিশিষ্ট X- রশ্মি হিসেবে পাওয়া যায়। এই রশ্মিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য খুবই ক্ষুদ্র, প্রায় 10^{-10} বা 1Å মানের। H-পরমাণুর শক্তি স্তরসমূহের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান যে পাল্লার, তার থেকে এত উচ্চ শক্তির বিকিরণ সম্ভব নয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, H পরমাণুর ভূমি স্তরের শক্তি $E_1 = -13.6$ eV। অতএব, কোন মুক্ত ইলেকট্রনকে H পরমাণুতে আবদ্ধ করতে বিমুক্ত শক্তিই H পরমাণুর ইলেকট্রন স্থানান্তরে প্রাপ্ত সর্বোচ্চ শক্তির বিকিরণ। এই বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_{min} হলে,

$$\frac{\lambda c}{\lambda_{min}} = [0 - (-13.6)] \text{ eV}$$

বা, $\frac{hc}{\lambda_{min}} = 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

বা, $\lambda_{min} = \frac{hc}{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}}$ m

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}} \text{ m}$$

$$= 9.14 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$= 914.0625 \text{ Å} >> 1\text{Å}$$

তাই, হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথে ইলেকট্রন স্থানান্তরের জন্য কখনোই α-রশ্মি নির্গত হয় না।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 14 টন।

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

মাঠের নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100$m

নিশ্চল প্রস্থ, $D_0 = 60$m

রকেটের বেগ, $v = 0.7c$

যে দিক বরাবর রকেট গতিশীল সেই দৈর্ঘ্য বরাবর দৈর্ঘ্য সংকোচন হবে।

১ম বন্ধুর সাপেক্ষে মাঠের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করবে,

$$L_0 = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

$$= 100\sqrt{1 - (0.7)^2}$$

$$= 71.414 \text{ m}$$

২য় বন্ধুর সাপেক্ষে মাঠের প্রস্থ পরিমাপ করবে,

$$D = D_0\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

$$= 42.848 \text{ m}$$

∴ প্রথম বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল, $A_1 = L \times D_0$

$$= 71.414 \times 60$$

$$= 4284.84 \text{ m}^2$$

২য় বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল, $A_2 = L_0 \times D$

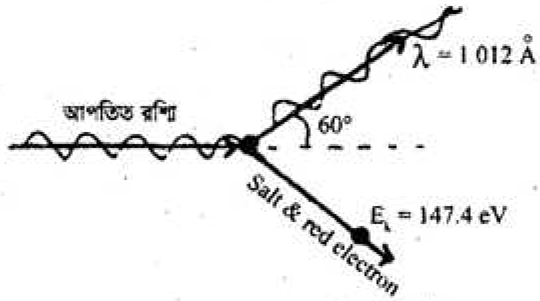
$$= 100 \times 42.8484$$

$$= 4284.84 \text{ m}^2$$

যেহেতু $A_1 = A_2$

সুতরাং দুই বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল সমান হবে।

প্রশ্ন ▶৩১



[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. অর্ধ পরিবাহী ডায়োডের ক্ষেত্রে I-V লেখচিত্র ব্যাখ্যা করো। ২

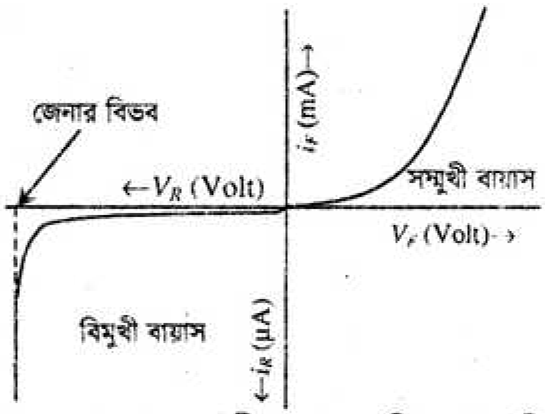
গ. বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক কী না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ পাশে ডায়োডের I – V লেখ দেখানো হলো। ডায়োডের ক্ষেত্রে সাধারণত শুধুমাত্র সম্মুখ বাতাসে তড়িৎপ্রবাহ হয় এবং ডায়োডের cut in voltage অতিক্রম করার পর ধীরে ধীরে তড়িৎ প্রবাহ বিভবপার্থক্য বৃদ্ধির সাথে সাথে বাড়তে থাকে। আবার ডায়োডের বিমুখী ঝোঁকে বিভব পার্থক্য প্রয়োগে কোনো তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় না।



লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, সম্মুখী বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ বিমুখী বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ অপেক্ষা অনেক বেশি এবং সম্মুখী বায়াসে অল্প বিভব পার্থক্য বৃদ্ধিতে তড়িৎ প্রবাহের বৃদ্ধি অনেক বেশি হয় কিন্তু বিমুখী বায়াসের ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্যের বৃদ্ধিতে প্রবাহের তেমন বৃদ্ধি হয় না। তবে বিমুখী বায়াসে বিভব ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে এক সময় দেখা যায় তড়িৎ প্রবাহ হঠাৎ করে উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায়। এ অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ অনেক বৃদ্ধি করা হলেও ডায়োডের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। জংশনের বিভব বাধা ভেঙ্গে যাওয়া বা বিলুপ্ত হওয়ার কারণে এরূপ ঘটে। এ ঘটনা বিজ্ঞানী জেনার **(Zener)** ১৯৩৪ সালে প্রথম প্রত্যক্ষ করেন বলে একে ডায়োডের **জেনার ক্রিয়া (Zener effect)** বলে। বিমুখী বায়াসের যে বিভবের জন্য জংশনের বিভব প্রাচীর ভেঙ্গে যায় তাকে **ভাঙ্গন বিভব (breakdown voltage)** বা **জেনার বিভব (Zener voltage)** বলে।

গ

দেওয়া আছে,
গতিশক্তি, $E_k = 147.4$ eV
স্থির ইলেকট্রনের ভর, $m_0 = 9.11 \times 10^{-31}$ kg
বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভর, m = ?

$E_k = (m - m_0)c^2$

$\Rightarrow 147.4 \times 1.6 \times 10^{-19} = (m - 9.11 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2$

$\therefore m = 9.1126 \times 10^{-31}$kg **(Ans.)**

ঘ $\frac{hc}{\lambda} + m_0c^2 = \frac{hc}{\lambda'} + mc^2$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = (m - m_0)c^2 = E_k$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right) = \frac{147.4 \text{ eV}}{hc}$$

$$\therefore \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{1.012 \times 10^{-10}} = \frac{147.4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}$$

$\therefore \lambda = 1.00 \times 10^{-10}$

অর্থাৎ আপতিত আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য যদি 1.00×10^{-10} হয় তবেই সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হবে। যেহেতু উদ্দীপকে আপতিত আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য দেয়া নেই, তাই প্রদত্ত উদ্দীপক হতে সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক কিনা বলা সম্ভব নয়।

অথবা, উদ্দীপকে যদি ইলেকট্রনের বিক্ষেপণ কোণ দেয়া থাকত তবে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ব্যবহার করে আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করা সম্ভব হতো এবং পরবর্তীতে তা শক্তির সংরক্ষণশীলতা সূত্র মেনে চলে কিনা তা নির্ণয় করা যেত। যেহেতু ইলেকট্রনের বিক্ষেপণ কোণও জানা নেই, তাই প্রদত্ত উদ্দীপক হতে এটি নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶৩২ মি. X ও মি. Y দুই জমজ ভাইয়ের বয়স ২৫ বছর। মি. Y পৃথিবীর অবস্থান করছে। মি. X অতি উচ্চগতি সম্পন্ন 0.85c বেগ সম্পন্ন একটি রকেটে করে মহাশূন্যে ভ্রমণ শুরু করল।

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. ট্রানজিস্টর কী? ১

খ. সম্মুখ ঝোঁক কি ব্যাখ্যা করো। ২

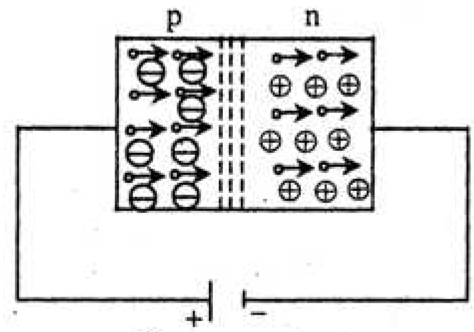
গ. মি. X এর ভর পৃথিবীতে 50 kg হলে মহাশূন্যযানে তার ভর কত? ৩

ঘ. 10 বছর পর রকেট পৃথিবীতে ফিরে আসলে তাদের বয়সের কোন পার্থক্য হবে কি? যদি সে রকম ঘটে তাহলে কে বয়সে বড় হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি একই ধরনের অর্ধপরিবাহীর মধ্যস্থলে এদের বিপরীত ধরনের অর্ধপরিবাহী বিশেষ প্রক্রিয়ায় পরস্পরের সাথে যুক্ত করে যে যন্ত্র তৈরি করা হয় তাকে ট্রানজিস্টর বলে।

খ p-n জংশনে যদি কোন বহিঃস্থ ভোল্টেজ বা বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হয় তাহলে তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। ভোল্টেজ যদি এমন ভাবে প্রয়োগ করা হয় যে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত p টাইপ বস্তুর সাথে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত হয় তাহলে তাকে সম্মুখী ঝোঁক বলে।



চিত্র: সম্মুখে ঝোঁক

গ দেওয়া আছে,
মি. X এর বেগ, v = 0.85c
নিশ্চল ভর, $m_0 = 50$ kg
বের করতে হবে, মহাশূন্যযানে ভর, m = ?

আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$$= \frac{50}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.85c}{c}\right)^2}}$$

= 94.915 kg **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে মি. X ও মি. Y এর উভয়ের বয়স = 25 year
পৃথিবী থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান, t = 10 year
মহাশূন্যযানের বেগ, v = 0.85c
ধরা যাক, মহাশূন্যযানে মি. X এর বয়স বৃদ্ধি = t_0

আমরা জানি, $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 10\sqrt{1 - (0.85)^2}$

$\therefore t_0 = 5.27$ year

∴ আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মি. X এর 10 year পর বয়স = (25 + 5.27)
= 30.27 year

এবং মি. Y এর 10 year পর বয়স = (25 + 10) = 35 year

সুতরাং, মি. X ও মি. Y এর 10 year পর বয়সের পার্থক্য = (35 − 30.27)
= 4.72 year

অর্থাৎ মি. Y মি. X এর চেয়ে 4.72 year এর বড় হবে।

প্রশ্ন ▶৩৩ একটি তড়িৎক্ষরণ নলে X-ray উৎপাদন করার জন্য 13.6kV এবং 60 kV বিভব পার্থক্য সরবরাহ করায় 0.2900 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের X-ray কোনো ইলেকট্রনকে আঘাত করে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হলো।

[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. জেনার ভোল্টেজ কাকে বলে? ১

খ. একটি তারকা কিভাবে ব্ল্যাক হোলে পরিণত হয়?—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের উৎপাদিত দুই ধরনের X-ray এর ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বিক্ষিপ্ত X-ray এর শক্তি আপতিত X-ray এর শক্তি ভিন্ন হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জাংশনে বিমুখী ঝোঁকে ভোল্টেজ বাড়াতে থাকলে শেষে এক সময় হঠাৎ করে বিপুল পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। যেন মনে হয় p-n জংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে যে ভোল্টেজের জন্য এরূপ ঘটে তাকে জেনার ভোল্টেজ বা জেনার বিভব (Zener Voltage) বলে।

খ যখন তিন বা ততোধিক সৌরভরের নক্ষত্র তার অন্তিম দশায় তার বাইরের খোলস ফেলে বিস্ফোরণের মাধ্যমে সুপারনোভায় পরিণত হয়। আর ভিতরের অংশ এরপর ক্রমাগত সংকুচিত হতে থাকে। সংকুচিত হতে হতে এটি এমন ঘনত্বের বস্তুতে পরিণত হয় যে এটির মহাকর্ষ বলের কারণে এটি থেকে আলোও বের হতে পারে না। এভাবে নক্ষত্রটি ব্ল্যাকহোলে পরিণত হয়।

গ

দেওয়া আছে,
প্রথম ক্ষেত্রে,
বিভব পার্থক্য, $V_1 = 13.6$ kV
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,
বিভব পার্থক্য, $V_2 = 60$ kV
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.29 \times 10^{-9}$m

প্রথম ক্ষেত্রে,

$\frac{1}{2}mv_1^2 = eV_1$

$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_1^2$

$= 1.6 \times 10^{-19} \times 13.6 \times 10^3$

$\therefore v_1 = 6.91 \times 10^6$ m/s **(Ans.)**

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,

$\frac{1}{2}mv_1^2 = eV_2$

$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_2^2$

$= 1.6 \times 10^{-19} \times 60 \times 10^3$

$\therefore v_2 = 1.45 \times 10^{-8}$ m/s

ঘ কম্পটন প্রভাব থেকে আমরা জানি,

দেওয়া আছে,
বিক্ষেপণ কোণ, $Q = 60°$
আদি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.29$ nm

$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$

$\Rightarrow \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$

$\Rightarrow \lambda = \lambda + \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$

$= 0.29 \times 10^{-9} + \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}(1 - \cos 60)$

$= 0.2912 \times 10^{-9}$ m

$\therefore$ আদিশক্তি, $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.29 \times 10^{-9}}$

$= 4287$ eV

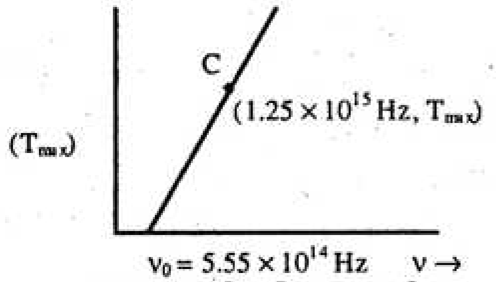
শেষ শক্তি, $E' = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.2912 \times 10^{-9}}$

$= 4269$ eV

$\therefore$ শক্তির পার্থক্য $= (4287 - 4269)$ eV

$= 18$ eV **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶৩৪



আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার লেখচিত্র

[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. হাইজেন বার্গের অনিশ্চয়তা তত্ত্বটা লেখ। ১

খ. De Broglie তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমীকরণ লিখ এবং এটা দ্বারা ফোটনের কোন ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায়? ২

গ. লেখচিত্র ব্যবহার করে নিঃসৃত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইলেকট্রনের গতিশক্তি কখনই 4 MeV এর বেশি হতে পারে না ব্যাখ্যা কর গাণিতিক সমীকরণের সাহায্যে। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক $\Delta x \, \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$

খ De Broglie তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমীকরণ হলো–

$\lambda = \frac{h}{P}$, λ = বস্তুকণার তরঙ্গদৈর্ঘ্য

P = বস্তুকণার ভরবেগ

h = প্লাঙ্কের ধ্রুবক

এ সূত্র হতে বুঝতে পারা যায় যে ফোটন তরঙ্গ এবং কণা উভয় ধর্মই প্রদর্শন করতে পারে।

গ লেখচিত্র হতে, সূচন কম্পাংক, $\nu_0 = 5.55 \times 10^{14}$ Hz

সর্বোচ্চ গতিশক্তি অবস্থায় কম্পাঙ্ক,

$\nu = 1.25 \times 10^{15}$ Hz $= 12.5 \times 10^{14}$ Hz

লেখচিত্রের ঢাল, $S = \frac{T_{max} - 0}{\nu - \nu_0}$

$= \frac{T_{max}}{\nu - \nu_0}$

আবার, আইনস্টাইন সমীকরণ ব্যবহার করে পাই,

$h\nu = T_{max} + h\nu_0$

বা, $\frac{T_{max}}{\nu - \nu_0} = h$

বা, $T_{max} = h(\nu - \nu_0)$

$= 6.63 \times 10^{-34}(12.5 - 5.55) \times 10^{14}$ J

$= 2.88$ eV **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, ইলেকট্রন সর্বনিম্ন থাকতে পারে হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াসে, যেখান থেকে β রশ্মির হিসেবে নির্গত হয় এবং β রশ্মির সর্বোচ্চ বেগ 0.98 c।

$\therefore$ এই বেগে ইলেকট্রনের মোট শক্তি,

$E = mc^2$

$= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}c^2$

$= \frac{m_0}{\sqrt{1 - (0.98)^2}} \times (3 \times 10^8)^2$

$= 2.5$ MeV < 4 MeV

$\therefore$ ইলেকট্রনের বেগ 4 MeV এর বেশি হতে পারে না।

প্রশ্ন ▶৩৫ A এবং B ধাতুর কার্যঅপেক্ষক যথাক্রমে 4.5eV এবং 2.5eV। A ধাতুকে 3500A° তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা এবং B ধাতুকে 4500A° তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা আলোকিত করা হলো।

[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. কম্পটন ক্রিয়া কী? ১

খ. নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন- ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উভয় ধাতু হতে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি শক্তিশালী ফোটনের সাথে মুক্ত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ ঘটলে ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে কিছু শক্তি প্রদান করে। এতে বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি হওয়াকেই কম্পটন ক্রিয়া বলে।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতির সূত্র $\left(\Delta x \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}\right)$ ব্যবহার করে নির্দিষ্ট গাণিতিক বিশ্লেষণে পাওয়া যায় যে, ইলেকট্রনের নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে থাকতে হলে একে 37.6 MeV শক্তির অধিকারী হতে হবে। কিন্তু পরীক্ষালব্ধ ফলাফল থেকে দেখা যায় যে, ইলেকট্রনের শক্তি 4 MeV এর অধিক হয় না। সুতরাং নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

গ A ধাতুর সূচন কম্পাংক, f_0 হলে,

কার্যাপেক্ষক, $\varphi = hf_0$

বা, $f_0 = \frac{\varphi}{h}$

$= \frac{7.2 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$

$= 1.09 \times 10^{15}$ Hz **(Ans.)**

এখানে,
A ধাতুর কার্যাপেক্ষক,
$\varphi_A = 4.5\text{eV} = 4.5 \times 1.6 \times 10^{-19} = 7.2 \times 10^{-19}\text{J}$
প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$Js

ঘ ব্যবহৃত আলোক তরঙ্গের শক্তি যদি প্রতিক্ষেত্রে A ও B ধাতুর কার্যাপেক্ষক অপেক্ষা বেশি হয়, তবে ধাতু হতে ইলেকট্রন নির্গত হবে।

A ধাতুর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত আলোর শক্তি, E_A হলে,

$E_A = hf_A$

$= \frac{hc}{\lambda_A}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3500 \times 10^{-10}}$

$= 5.68 \times 10^{-19}$J

$= 3.55$ eV

এখানে,
আলোর, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_A = 3500\text{Å} = 3500 \times 10^{-10}$m

কিন্তু A ধাতুর কার্যাপেক্ষক $\varphi_A = 4.5$ev

$E_A < \varphi_A$ অর্থাৎ A ধাতু হতে ইলেক্ট্রন নির্গত হবে না।

আবার, B ধাতুর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত আলোর শক্তি E_B হলে

$E_B = hf_B$

$= \frac{hc}{\lambda_B}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4500 \times 10^{-10}}$

$= 4.42 \times 10^{-19}$J

$= 2.76$ eV

এখানে,
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য
$\lambda_B = 4500\text{Å} = 4500 \times 10^{-10}$m

B ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\varphi_B = 2.5$ eV

$\therefore E_B > \varphi_B$ অর্থাৎ B ধাতু হতে ইলেক্ট্রন নির্গত হবে

অতএব, A ধাতু হতে ফটো ইলেক্ট্রন নির্গত না হলেও B ধাতু হতে হবে।

প্রশ্ন ▶৩৬ S ও S′ দুটি জড় প্রসঙ্গ কাঠামো। S এর সাপেক্ষে S′ কাঠামো সব সময় 0.9c সমবেগে ধনাত্মক X অক্ষের দিকে গতিশীল। S কাঠামোর একজন বিজ্ঞানী ঐ কাঠামোতে রাখা একটি ধাতব দন্ডের দৈর্ঘ্য ও ঘনত্ব পরিমাপ করলেন যথাক্রমে 1m ও 19.3×10^3 kgm^{-3}।

[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১

খ. সূর্য ব্লাক হোলে পরিণত হলে পৃথিবী কী সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘুরবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. S′ কাঠামোর পর্যবেক্ষকের নিকট দন্ডের দৈর্ঘ্য কত মনে হবে? ৩

ঘ. S ও S′ এর পর্যবেক্ষকের নিকট দন্ডের ঘনত্ব কি একই মনে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টিকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ সূর্য ব্লাক হোলে পরিণত হলে এর আকার অত্যন্ত ছোট হবে কিন্তু ভরের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না এবং সূর্যের ভরকেন্দ্র থেকে পৃথিবীর দূরত্বের কোনো পরিবর্তন হবে না। এতে সূর্য ও পৃথিবীর আকর্ষণ বলের ও কোনো পরিবর্তন হবে না। তাছাড়া সূর্য যদি ব্ল্যাকহোলে পরিণত হয় তবে সূর্যের ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধ পৃথিবী হতে সূর্যের দূরত্বের থেকে অনেক কম ফলে এদের আকর্ষণের কোনো পরিবর্তন হবে না। ফলে পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরতে থাকবে।

গ S′ কাঠামোর ব্যক্তির নিকট দৈর্ঘ্য,

$L = \frac{L_0}{\gamma}$

$= \frac{1}{2.29}$

$= 0.436$ **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 1$m
S′ কাঠামোর বেগ, $v = 0.9$ c

$\therefore \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{1}{\sqrt{1 - 0.9^2}}$

$= 2.29$

ঘ নিশ্চল অবস্থায় ঘনত্ব, $\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} = 19.3 \times 10^3\text{kg/m}^3$

$\therefore$ S′ কাঠামোতে ঘনত্ব, $\rho = \frac{m}{V}$

$= \frac{m}{LA}$

$= \frac{m_0\gamma}{\frac{L_0}{\gamma}A}$, $\quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{m_0}{L_0 A}\gamma^2$

$= \frac{m_0}{V_0}\gamma^2$

$= \rho_0\gamma^2 = 19.3 \times 10^3 \times 2.29^2$

['গ' হতে $\gamma = 2.29$]

$= 101.2 \times 10^3$ kgm^{-3}

অতএব, ঘনত্ব S′ কাঠামো হতে বেশি মনে হবে। **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶৩৭ একজন নভোচারী এমনভাবে গতিশীল যাহাতে $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 30$. পৃথিবী থেকে কাছের স্টার সিস্টেম [Alpha centauri] এর দূরত্ব 4.3 light year.

[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. অপবর্তন কাকে বলে? ১

খ. আলো কণা না তরঙ্গ ধর্মী ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গতিশীল অবস্থায় নভোচারীর কাছে পৃথিবী থেকে Alpha Centauri এর দূরত্ব কিলোমিটারে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নভোচারীর বেগ (corrected up to 5 significant digit) নির্ণয় করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ আলো একই সাথে কণা এবং তরঙ্গধর্মী। আলোর তরঙ্গতত্ত্ব প্রতিফলন, প্রতিসরণ, অপবর্তন, ব্যতিচার ধর্মের ব্যাখ্যা দিতে পারে কিন্তু আলোর ফটোইলেক্ট্রিক ক্রিয়ার কোনো ব্যাখ্যা দিতে পারে না। পরবর্তিতে ম্যাক্স প্ল্যাঙ্ক কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্যে ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়ার ব্যাখ্যা দিতে সমর্থ হন। আলোর কোয়ান্টাম তত্ত্ব অনুসারে আলো নিরবিচ্ছিন্ন বিকিরণ নয়, বরং কতক শক্তি প্যাকেট বা গুচ্ছ, যাকে বলা হয় কোয়ান্টা। এই তত্ত্ব থেকেই প্রথম আলোর দৈতস্বত্তার ধারণা মেলে।

গ গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য,

$L = \frac{L_0}{\gamma}$

$= \frac{4.3}{30}\, ly$

$= 0.1433\, ly$

$= 0.1433 \times 3 \times 10^8 \times 365 \times 86400$

$= 1.356 \times 10^{12}$ km **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
$\gamma = 30$
স্থির অবস্থায় দৈর্ঘ্য,
$L_0 = 4.3\, ly$

ঘ

$\therefore 1-\frac{v^2}{c^2}=\left(\frac{1}{30}\right)^2$

$\Rightarrow \frac{v^2}{c^2}=1-\frac{1}{900}$

$=\frac{899}{900}$

$\therefore v=\sqrt{\frac{899}{900}}c$

$=\sqrt{\frac{899}{900}}\times 3\times 10^8$ m/s

$=2.99833\times 10^8$ m/s

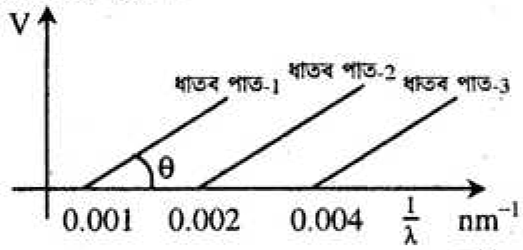
দেওয়া আছে,

$\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=30$

আলোর বেগ, $c=3\times 10^8\ ms^{-1}$

অতএব, নভোচারীর বেগ $2.99833\times 10^8\ ms^{-1}$।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ তিনটি আলোক সংবেদী ধাতুর ক্ষেত্রে $\frac{1}{\lambda}-V$ [নিবৃত্তি বিভব] এর লেখচিত্র দেখানো হলো।



[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. 1 বেকরেল কাকে বলে? ১

খ. PNP ট্রানজিস্টর এর ক্ষেত্রে সাধারণ পীঠ এবং সাধারণ সংগ্রাহক বর্তনী অংকন করো। ২

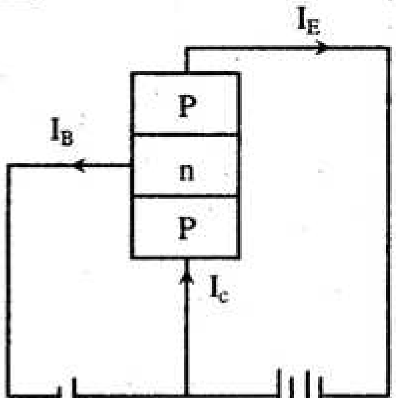
গ. তিনটি ধাতুর কার্য অপেক্ষকের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. Violet Color [400 nm] এর আলো কোন ধাতব পাত থেকে Photo electron সরাতে পারবে যথাযথভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

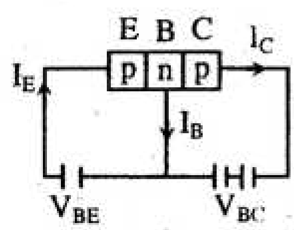
৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তেজস্ক্রিয় বস্তুর প্রতি সেকেন্ডে একটি পরমাণুর তেজস্ক্রিয় ভাঙন বা ক্ষয়কে এক বেকরেল বলে। তেজস্ক্রিয়তার এস.আই.একক হলো বেকরেল (Bq)।

খ



চিত্র: সাধারণ সংগ্রাহক বর্তনী (pnp)



চিত্র: সাধারণ সংগ্রাহক বর্তনী (pnp)

গ কার্যাপেক্ষক,

$\varphi=hf_0$

$\therefore$ প্রথম ধাতুর জন্য, $\varphi_1=hf_{0_1}$

দ্বিতীয় ধাতুর জন্য, $\varphi_2=hf_{0_2}$

তৃতীয় ধাতুর জন্য, $\varphi_3=hf_{0_3}$

এখানে,

প্রথম ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_1}=0.001\ nm^{-1}$

দ্বিতীয় ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_2}=0.002\ nm^{-1}$

তৃতীয় ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_3}=0.004\ nm^{-1}$

এখন, $\varphi_1:\varphi_2:\varphi_3=hf_{0_1}:hf_{0_2}:hf_{0_3}$

$=\frac{hc}{\lambda_1}:\frac{hc}{\lambda_2}:\frac{hc}{\lambda_3}$

$=\frac{1}{\lambda_1}:\frac{1}{\lambda_2}:\frac{1}{\lambda_3}$

$=0.001:0.002:0.004$

$=1:2:4$ **(Ans.)**

ঘ ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন সরানোর শর্ত হচ্ছে আপতিত আলোর শক্তি > ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক।

১ম ধাতুর পাতের কার্যাপেক্ষক, $\varphi_1=hf_{0_1}$

$=h\frac{c}{\lambda_1}$

এখানে, প্লাঙ্কের ধ্রুবক $h=6.63\times 10^{-34}$ Js

$c=3\times 10^8\ ms^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1=\frac{1}{0.001}$ nm

$=1000$ nm

$=1000\times 10^{-9}$m

$\therefore \varphi_1=\frac{6.63\times 10^{-34}\times 3\times 10^8}{1000\times 10^{-9}}$

$=1.989\times 10^{-19}$

$=1.243$ eV

একইভাবে, দ্বিতীয় ধাতব পাতের কার্যাপেক্ষক,

$\varphi_2=\frac{hc}{\lambda_2}$

$=\frac{6.63\times 10^{-34}\times 3\times 10^8}{500\times 10^{-9}}$

$=2.49$ eV

এখানে,

$\lambda_2=\frac{1}{0.002}$ nm

$=500\times 10^{-9}$m

তৃতীয় ধাতব পাতের জন্য, $\lambda_3=\frac{1}{0.004}$ nm

$=250\times 10^{-9}$m

$\varphi_3=\frac{6.63\times 10^{-34}\times 3\times 10^8}{250\times 10^{-9}}$

$=4.97$ eV

আপতিত আলোর শক্তি, $E=\frac{hc}{\lambda}$

$=\frac{6.63\times 10^{-34}\times 3\times 10^8}{400\times 10^{-9}}$

$=3.1$ eV

যা প্রথম ও দ্বিতীয় ধাতব পাত থেকে বেশি অর্থাৎ— প্রথম ও দ্বিতীয় পাত থেকে ইলেকট্রন বের হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ বাংলাদেশের দুই কোটির বেশি মানুষ সৌর বিদ্যুৎ ব্যবহার করে বিশ্বে দৃষ্টান্ত স্থাপন করছে। স্বল্প খরচে দেশে সৌর প্যানেল তৈরির লক্ষ্যে রিজন ও সুমন ভিন্ন দুটি ধাতব পদার্থ নেয়। তাদের ব্যবহৃত পদার্থের কার্যাপেক্ষক যথাক্রমে 2.30 eV ও 4.74 eV। উভয় পদার্থের উপর 2500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করা হলো। রিজন বলল আমার ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি বেশি।

[মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা]

ক. নিবৃত্তি বিভব কাকে বলে? ১

খ. ফটোইলেকট্রনের বেগ, আপতিত আলোর তীব্রতার উপর নির্ভরশীল নয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আপতিত ফোটনের ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রিজনের বক্তব্যটি সঠিক ছিল কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলা হয়।

খ কোয়ান্টাম তত্ত্ব অনুসারে f কম্পাঙ্কের আলোর প্রতিটি ফোটনের শক্তি hf। আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলে আপতিত ফোটনের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং সেই সাথে নির্গত ইলেকট্রনের সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। তাই আপতিত আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলে আলোক তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু আলোর কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকায় ফোটনের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় না। ফলে নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ তথা গতিশক্তি অপরিবর্তিত থাকে।

গ আপতিত ফোটনের ভরবেগ P হলে,

$P = \frac{h}{\lambda}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2500 \times 10^{-10}}$

$= 2.652 \times 10^{-27}$ kg ms^{-1}. **(Ans.)**

এখানে,
ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2500\text{Å}$
$= 2500 \times 10^{-10}$

ঘ আপতিত ফোটনের শক্তি E হলে,

$E = \frac{hc}{\lambda}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{2500 \times 10^{-10}}$

$= 7.956 \times 10^{-19}$ J

$= 4.9725$ eV.

রিজনের ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি K_{max_1} হলে,

$K_{max_1} = E - W_{01}$
$= 4.9725 - 2.3$
$= 2.6725$ eV

রিজনের ব্যবহৃত পদার্থের কার্যাপেক্ষক, $W_{01} = 2.30$ eV

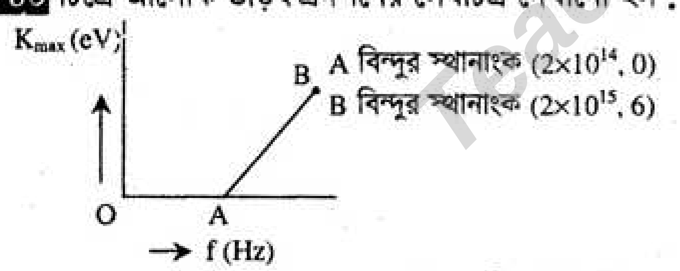
আবার, সুমনের ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি, K_{max_2} হলে,

$K_{max_2} = E - W_{02}$
$= 4.9725 - 4.74$
$= 0.2325$

সুমনের ব্যবহৃত পদার্থের কার্যাপেক্ষক, $W_{02} = 4.74$ eV

অর্থাৎ, রিজনের ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের শক্তি সুমনের ব্যবহৃত পদার্থ হতে বেশি।
অতএব, রিজনের বক্তব্য সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶ ৪০ চিত্রে আলোক তড়িৎ প্রদর্শনের লেখচিত্র দেখানো হল :



[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

ক. সূচন কম্পাংক কাকে বলে? ১

খ. ট্রান্সফরমার DC লাইনে কাজ করে না কেন? ২

গ. উদ্দীপক হতে কার্য অপেক্ষকের মান বের করো। ৩

ঘ. আপতিত কম্পাংক দ্বিগুণ করলে নিবৃত্তি বিভবের কি পরিবর্তন হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ ট্রান্সফরমারের কার্যনীতি পারস্পরিক আবেশের নীতির উপর প্রতিষ্ঠিত। যেখানে মুখ্য কুণ্ডলীতে পরিবর্তী প্রবাহ প্রয়োগ করার ফলে চৌম্বক ফ্লাক্স পরিবর্তিত হয় এবং গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়। মুখ্য কুণ্ডলীতে ডিসি ভোল্টেজ বা প্রবাহ প্রয়োগ করলে ট্রান্সফর্মারের মজ্জার মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স গমন করে। এ ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স $E = -N\frac{d\phi}{dt}$ সূত্রানুসারে গৌণ কুণ্ডলীতে কোনো তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট করতে পারে না, কারণ $d\phi/dt = 0$ হয়। ফলে ইনপুট ডিসি ভোল্টেজের মান যাই হোক না কেন, আউটপুট তথা গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ সর্বদাই শূন্য হয়। তাই ট্রান্সফর্মার কেবল এসি প্রবাহে কাজ করে, ডিসি প্রবাহে কাজ করে না।

গ A বিন্দুর অবস্থান সূচন অবস্থাকে বুঝায় অর্থাৎ সূচন কম্পাঙ্ক, $v_0 = 2 \times 10^{14}$ Hz
জানা আছে,
প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
বের করতে হবে, কার্য অপেক্ষক, $W_0 = ?$
আমরা জানি, $W_0 = hv_0 = 6.63 \times 10^{-34}$ Js $\times 2 \times 10^{14}$ Hz
$= 1.326 \times 10^{-19}$ J
$= 0.82875$ eV **(Ans.)**

ঘ প্রশ্নমতে, 2×10^{15} Hz কম্পাঙ্কের আলো আপতিত হলে নিঃসরিত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = 6$ eV
এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 6V
আপতিত কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ করলে, $v = 2 \times 2 \times 10^{15}$ Hz
$= 4 \times 10^{15}$ Hz
এক্ষেত্রে নিঃসরিত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,
$K_{max} = hv - W_0 = 6.63 \times 10^{-34}$ Js $\times 4 \times 10^{15}$ Hz $- 0.82875$ eV
$= 2.652 \times 10^{-18}$ J $- 0.82875$ eV
$= 16.575$ eV $- 0.82875$ eV
$= 15.746$ eV
এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 15.746 V
লক্ষ করি, $\frac{15.746 \text{ V}}{6\text{V}} = 2.624 > 2$
সুতরাং, আপতিত কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ করলে নিবৃত্তি বিভব দ্বিগুণেরও বেশি বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪১ নিপুন তার ভাই সবুজকে আকাশে উড্ডন্ত একটি রকেট দেখাচ্ছিল। পৃথিবীতে সে পর্যবেক্ষণ করেছিল যে, রকেটটির ভর 3 টন ও দৈর্ঘ্য 100m। নিপুন তার ভাইকে বলল যে, রকেটটি 4.2×10^{7} ms^{-1} বেগে চলছে। কিন্তু তার ভাই বলল যে, রকেটটি আলোর বেগে চলছে।

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. কম্পটন ক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়ালে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. রকেটটির চলমান ভর কত হবে? ৩

ঘ. নিপুনের ভাইয়ের পর্যবেক্ষণ যথার্থ কি-না, গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি শক্তিশালী ফোটনের সাথে মুক্ত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ ঘটলে ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে কিছু শক্তি প্রদান করে। এতে বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি হওয়াকেই কম্পটন ক্রিয়া বলে।

খ গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon r$
অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।
চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ রকেটটির চলমান ভর, m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

এখানে,
স্থির ভর, $m_0 = 3$ Tons
রকেটের বেগ, $v = 4.2 \times 10^7 \, ms^{-1}$

$$= \frac{3}{\sqrt{1 - \left(\frac{4.27 \times 10^7}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$

$= 3.03$ Ton **(Ans.)**

ঘ আলোর বেগে চলমান অবস্থায় কোনো রকেটের দৈর্ঘ্য L হলে,

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= L_0\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}$$

$= 0$

আলোর বেগে চলমান কোন রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য শূন্য, ফলে এটি দেখা সম্ভব নয়। কিন্তু নিপুন এবং তার ভাই রকেটটিকে দেখতে পারছিল (পর্যবেক্ষণ করছিল), সুতরাং এটি নিশ্চয়ই আলোর বেগে চলছিল না।

আবার, চলমান কোনো রকেটের ভর m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}}$$

$= \infty$

অর্থাৎ, আলোর বেগে চলমান কোনো বস্তুর ভর অসীম। কিন্তু কোনো বস্তুর ভর অসীম হওয়ার জন্য অসীম শক্তির প্রয়োজন, যা অসম্ভব।

অতএব, উপরিউক্ত আলোচনা হতে বলা যায় নিপুনের ভাইয়ের পর্যবেক্ষণ সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৪২ কামালের ভর 55 kg এবং বয়স 40 বছর। সে 2.4×10^8 ms^{-1} বেগে গতিশীল মহাশূন্যযানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেল। তার যমজ ভাই নাফিস এর বয়স যখন 80 বছর হলো তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো। *[আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী]*

ক. নিবৃত্তি বিভব কী? ১

খ. সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে মহাশূন্যস্থানে কামালের ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে দুই ভাই এর বর্তমান বয়স সমান থাকবে কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলা হয়।

খ সময়ের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{..........................(i)}$$

কোনো গতিশীল বস্তুর জন্য $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ রাশিটি সব সময় 1 এর চেয়ে ছোট, তাই t সব সময়ই t_0 এর চেয়ে বড়। t_0 কে বলা হয় যথোপযুক্ত বা প্রকৃত সময় এবং t হচ্ছে গতিশীল কাঠামোর সাপেক্ষে সময় ব্যবধান (i)নং সমীকরণ অনুযায়ী $t > t_0$.

এ কারণে সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি স্থির কাঠামোর ঘড়ি অপেক্ষা ধীরে চলে।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 91.67 kg

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : কামালের বয়স হবে 48 বছর।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ একটি কাল্পনিক চলমান ট্রেনে একটি বস্তুর ভর 100 kg এবং দৈর্ঘ্য নিশ্চল দৈর্ঘ্যের 50%। *[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]*

ক. কার্য অপেক্ষক কী? ১

খ. "জরুরি প্রয়োজন ছাড়া আমাদের এক্সরে করা উচিৎ নয়"— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কাল্পনিক ট্রেনটির গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ট্রেনটি থেমে গেলে বস্তুর ভরের কোনো পরিবর্তন হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখণ্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ এক্সরে এক প্রকার তাড়িত চৌম্বক বিকিরণ। এর কম্পাঙ্ক (f) উচ্চ। তাই $E = hf$ সূত্রানুসারে এর শক্তি ও উচ্চমানের। দেহের কোনো অংশে এক্সরে করানো হলে তার যথেষ্ট পার্শ্বপ্রতিক্রিয়া আছে। এটি অনেকটা রেডিওথেরাপির মতো কাজ করে। ফলে বহুসংখ্যক সুস্থকোষ বিনষ্ট করে। পরপর কয়েকবার দেহের একই অঙ্গের এক্সরে করালে ঐ অঙ্গের প্রভূত ক্ষতি হয়, এমনকি তা বিকলাঙ্গ হয়ে যেতে পারে। অল্প কিছুদিনের ব্যবধানে মুখমণ্ডলের এক্সরে করানো হলে দাঁত ও চুল পড়ে যেতে পারে। গর্ভাবস্থায় বিশেষ প্রয়োজন ছাড়া এক্সরে করানো উচিত নয়। প্রতিবার এক্সরেতে নবজাতকের দেহের বেশ কিছু ক্ষতিসাধন হয়। সুতরাং, জরুরি প্রয়োজন ছাড়া আমাদের এক্সরে করা উচিত নয়।

গ দৈর্ঘ্য সংকোচনের সূত্রানুযায়ী,

দেওয়া আছে,
নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = L_0$
গতিশীল দৈর্ঘ্য, $L = 0.5L_0$
ট্রেনের বেগ, $v = ?$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \, ms^{-1}$

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{L}{L_0} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\Rightarrow \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$= 2.598 \times 10^8$ m/s **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে, ট্রেনের বেগ, $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$

দেওয়া আছে,
গতিশীল অবস্থায় ভর,
m = 100 kg

$$\Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore \frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4}$$

ভরের আপেক্ষিকতার সূত্রানুযায়ী,

$$\therefore m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Rightarrow m_0 = m\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$= m\sqrt{1-\frac{3}{4}} = \frac{m}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ kg}$$

অতএব, ট্রেনটি থেমে গেলে এর ভরের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪ পটাশিয়াম ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.5eV। জাবেদ উক্ত ধাতুর উপর পর্যায়ক্রমে 6000Å এবং 5000Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করল। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, মোমেনশাহী]*

ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ধাতুটির সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য Å এককে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে জাবেদ এর আপতিত তরঙ্গ ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন নিঃসরণ করতে পারবে কি পারবে না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা অনুসারে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$। বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হলে অর্থাৎ v = c হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1-1}} = \frac{m_0}{0} = \infty$$

কিন্তু বস্তুর ভর কখনো অসীম হতে পারে না। তাই বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হয় না, সর্বদা আলোর বেগ অপেক্ষা কম হয়।

গ পটাশিয়াম ধাতুর সূচন কম্পাংক f_0 হলে,

কার্যাপেক্ষক, $\varphi_0 = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$

বা, $\lambda_0 = \frac{hc}{\varphi_0}$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{4\times10^{-19}}$$

$$= 4972.5\text{Å} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63\times10^{-34}$ Js
কার্যাপেক্ষক, $\varphi_0 = 2.5\text{eV} = 2.5\times1.6\times10^{-19} = 4\times10^{-19}$ J

ঘ এখানে,
জাবেদ কর্তৃক আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_1 = 6000$Å
$\lambda_2 = 5000$Å

'গ' হতে পাই,
ধাতুর সূচন তরঙ্গ, $\lambda_0 = 4972.5$Å।
যেহেতু $\lambda_1 > \lambda_0$ এবং $\lambda_2 > \lambda_0$।

জানা আছে, কোনো ধাতু হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত করতে চাইলে ঐ ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলতে অর্থাৎ জাবেদ এর আপতিত তরঙ্গসমূহ ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন নিঃসরণ করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ 9.1×10^{-31} kg স্থির ভরের একটি ইলেকট্রন 0.99 C গতিবেগে চলছে। *[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ, রাজশাহী]*

ক. কার্যাপেক্ষক কী? ১

খ. ইলেকট্রন দিয়ে ফোটন ও ফোটন দিয়ে ইলেকট্রন উৎপাদন সম্ভব কিনা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে ইলেকট্রনটির মোট শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইলেকট্রনটির নিউটনীয় এবং আপেক্ষিকতা ভিত্তিক গতিশক্তি তুলনা করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখন্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখন্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ LED (Light Emitting Diode) বিদ্যুৎ প্রবাহের তথা ইলেকট্রন প্রবাহের দ্বারা আলো (ফোটন) পাওয়া যায়। আবার, সৌরকোষে ফোটন আপতিত হলে সেখান হতে ইলেক্ট্রন অবমুক্তির মাধ্যমে বিদ্যুৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। তাই ইলেকট্রন দিয়ে ফোটন ও ফোটন দিয়ে ইলেকট্রন উৎপাদন সম্ভব।

গ দেওয়া আছে,
ইলেকট্রনের ভর, $m_0 = 9.1\times10^{-31}$ kg
বেগ, $v = 0.99°C$

আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

$$= \frac{9.1\times10^{-31}}{\sqrt{1-\left(\frac{0.99C}{C}\right)^2}}$$

$$= 6.45\times10^{-30} \text{ kg}$$

$\therefore$ ইলেকট্রনটির মোট শক্তি, $E = mc^2$

$$= 6.45\times10^{-30}\times(3\times10^8)^2$$

$$= 5.8\times10^{-13} \text{ J } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,
ইলেকট্রনটির নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.1\times10^{-31}$ kg
বেগ, $v = 0.99C$
"গ" অংশ হতে পাই,
ইলেকট্রনটির গতিশীল ভর, $m = 6.45\times10^{-30}$ kg

$\therefore$ ইলেকট্রনটির নিউটনীয় গতিশক্তি, $E_{k_0} = \frac{1}{2}m_0v^2$

$$= \frac{1}{2}\times9.1\times10^{-31}\times(0.99c)^2$$

$$= 4.01\times10^{-14} \text{ J}$$

$$= 0.250625 \text{ MeV}$$

আবার, আপেক্ষিকতার তত্ত্ব থেকে প্রাপ্ত গতিশক্তি,

$$E_k = (m - m_0)c^2$$

$$= \left[\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0\right]c^2$$

$$= \left[\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right]m_0c^2$$

$$= \left[\frac{1}{\sqrt{1-(0.99)^2}} - 1\right]\times9.1\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2 \text{ J}$$

$$= 4.98\times10^{-13} \text{ J}$$

$$= 3.1125 \text{ MeV}$$

লক্ষ্য করি, $E_k > E_{k_0}$

অতএব, আপেক্ষিকতা ভিত্তিক গতিশক্তি, নিউটনের গতিশক্তি অপেক্ষা বৃহত্তর হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৬ হানিফ আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষা চালানোর সময় সে বেগুনীবর্ণের আলোকরশ্মি যার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 4000Å সোডিয়াম ধাতুর উপর ফেলে আলোক তড়িৎ প্রবাহ পায় এবং এ পরীক্ষায় নিবৃত্তি বিভব 1.5V পান। এর পর তিনি লাল বর্ণের আলোকরশ্মি (8000Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের) সোডিয়ামের উপর ফেলেন। *[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]*

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১

খ. গ্যালিলীয় রূপান্তর ও বেগ রূপান্তর উভয়ই আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের স্বীকার্যের পরিপন্থী কেন? ২

গ. আলোক তড়িৎক্রিয়া পরীক্ষায় সর্বোচ্চ গতিশক্তি প্রাপ্ত ইলেকট্রনটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে লালরশ্মি কি আলোক তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করতে পারে? ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায়, তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ গ্যালিলীয় রূপান্তর আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের স্বীকার্য দুটোকে লঙ্ঘন করে নিম্নের দুটি কারণে:

১. প্রথম স্বীকার্য অনুসারে S এবং S′ কাঠামোতে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলোকে একই প্রকার সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা উচিত। কিন্তু তড়িৎবিজ্ঞান ও চৌম্বকত্বের বেলায় এক কাঠামোর জন্য প্রযোজ্য সমীকরণগুলো অন্য কাঠামোর জন্য লিখতে গেলে তা পৃথক আকারের হয় যা প্রথম স্বীকার্যের লঙ্ঘন।

২. দ্বিতীয় স্বীকার্য অনুসারে আলোর দ্রুতি c, S এবং S′ এই উভয় কাঠামোতে একই হবে। কিন্তু গ্যালিলীয় রূপান্তর থেকে আমরা পাই যে, আলোর দ্রুতি পর্যবেক্ষকের দ্রুতির উপর নির্ভরশীল। এটি দ্বিতীয় স্বীকার্যের লঙ্ঘন।

গ

দেওয়া আছে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000Å$
নিবৃত্তি বিভব, $V = 1.5V$
ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ, $V_{max} = ?$

$T_{max} = eV$

বা, $\frac{1}{2}mv^2_{max} = eV$

বা, $v_{max} = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.5}{9.11 \times 10^{-31}}}\ ms^{-1}$

$= 725.87\ kms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

লাল আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 7 \times 10^{-7}$ m

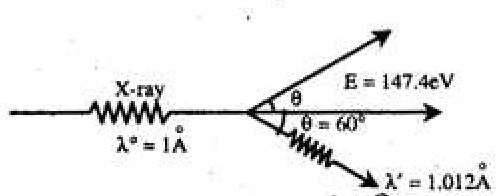
∴ লাল আলোর তরঙ্গ শক্তি, $E = \frac{hc}{\lambda}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{7 \times 10^{-7}}$

$= 1.78$ eV

সুতরাং, যদি উদ্দীপকে উল্লিখিত সোডিয়াম ধাতুর কার্যাপেক্ষক এই শক্তি অপেক্ষা কম হয় তবেই লাল আলো আলোক তড়িৎ প্রবাহ তৈরি করতে পারবে। যেহেতু এখানে সোডিয়ামের কার্যাপেক্ষক দেয়া নাই। তাই এক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ হবে কিনা তা নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ৪৭



[অগ্রণী স্কুল এন্ড কলেজ, রাজশাহী]

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১

খ. নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন? ২

গ. গতিশীল ইলেকট্রনের ভর কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা সমর্থন করে কিনা– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বস্তুর ভর পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে এর আপেক্ষিক গতির ওপর নির্ভরশীল। বস্তুর গতির পরিবর্তনে এর ভরের পরিবর্তন ঘটে। একে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ একটি ইলেকট্রনকে নিউক্লিয়াসের ভিতরে অবস্থান করতে হলে এর গতিশক্তি হতে হবে কমপক্ষে 10 MeV। যা ভরবেগের অনিশ্চয়তা সূত্র থেকে প্রমাণিত। কিন্তু তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস থেকে যেসব ইলেকট্রন নির্গত হয় তার গতিশক্তি 10 MeV অপেক্ষা অনেক কম। সুতরাং বলা যায়, গতিশক্তি তুলনামূলকভাবে অনেক কম হওয়ার কারণে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের ভিতরে অবস্থান করতে পারে না।

গ দেওয়া আছে, গতিশীল ইলেকট্রনটির গতি শক্তি, $T = 147.4$ eV

$= 2.358 \times 10^{-17}$J

জানা আছে, ইলেকট্রনের স্থির ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

এবং আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

গতিশীল ইলেকট্রনটির ভর m হলে আমরা জানি

$E = mc^2$

বা, $T + m_0c^2 = mc^2$

$\therefore m = \frac{T + m_0c^2}{c^2}$

$= \frac{2.358 \times 10^{-17} + 9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}$

$= 9.10262 \times 10^{-31}$ kg **(Ans.)**

ঘ $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s

$m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

$c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

$\lambda = 1A° = 10^{-10}$ m

$\lambda' = 1.012A° = 1.012 \times 10^{-10}$m

উদ্দীপক হতে সংঘর্ষের পূর্বে মোট শক্তি

$K_1 = hf + m_0c^2$

$= h\frac{c}{\lambda} + m_0c^2$

$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-10}} + [9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2]$

$= 1.9875 \times 10^{-15} + 8.19 \times 10^{-14}$

$\therefore K_1 = 8.38 \times 10^{-14}$J

সংঘর্ষের পরে মোট শক্তি

$K_2 = hf' + \sqrt{m_0^2c^4 + p^2c^2}$

$= h\frac{c}{\lambda'} + \sqrt{m_0^2c^4 + \left(\frac{hf}{c}\right)^2 c^2}$

$= h\frac{c}{\lambda'} + \sqrt{m_0^2c^4 + (hf')^2}$

$= h\frac{c}{\lambda'} + \sqrt{m_0^2c^4 + \left(h\frac{c}{\lambda'}\right)^2}$

$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.012 \times 10^{-10}} +$

$\sqrt{\left[(9.1 \times 10^{-31})^2 \times (3 \times 10^8)^4 + \left(\frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.012 \times 10^{-10}}\right)^2\right]}$

$= 1.96 \times 10^{-15} + \sqrt{6.71 \times 10^{-27} + 3.84 \times 10^{-30}}$

$= 1.96 \times 10^{-15} + 8.19 \times 10^{-14}$

$\therefore K_2 = 8.38 \times 10^{-14}$ J

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, $K_1 = K_2$

অর্থাৎ উদ্দীপকের ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা সমর্থন করে।

প্রশ্ন ▶ ৪৮ সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজের বিজ্ঞান বিভাগের সকল শিক্ষার্থী মিলে একটি 10m দৈর্ঘ্যে সিলিন্ডার আকৃতির মহাশূন্যযানের মডেল তৈরি করল যার ভর 2000kg এবং এটি 260000 kmh^{-1} বেগে গতিশীল হতে সক্ষম। মহাশূন্যযানের আয়তন $31.4m^3$।

[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

ক. এক্স রে কী? ১

খ. কোন বস্তু আলোর বেগের চেয়ে বেশি বেগে চলতে পারে না ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যযানের ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গতিশীল অবস্থায় এর ক্ষেত্রফলের কোনো পরিবর্তন হবে কিনা- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোন ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন অজানা প্রকৃতির এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়, এ বিকিরণকে এক্স-রে বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা হতে আমরা জানি যে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

এখানে, m_0 = স্থির বস্তুর ভর

m = গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ভর

c = আলোর বেগ

v = বস্তুর বেগ

এখানে, $v>c$ হলে m অবাস্তব হয় এবং $v = c$ হলে $m = \infty$ হয়, যা অসম্ভব।

তাই কোন বস্তুকে আলোর বেগের চেয়ে বেশি বেগে চালানো সম্ভব নয়।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4008.9 kg

ঘ এখানে,

মহাকাশযানের স্থির দৈর্ঘ্য, $l_0 = 10$ m

মহাকাশযানের স্থির আয়তন, $V = 31.4m^3$

মহাকাশযানের বেগ, $v = 2.6 \times 10^8$ m/s

$$= \frac{2.6}{3} C$$

অতএব, মহাকাশযানের ব্যাসার্ধ, r হলে,

$$\pi r^2 l_0 = 31.4$$

$$বা, r = \sqrt{\frac{31.4}{\pi l_0}} = \sqrt{\frac{31.4}{3.14 \times 10}} = 1m$$

যেহেতু r বরাবর কোনো আপেক্ষিক বেগ নেই। সেহেতু গতিশীল অবস্থায় ব্যাসার্ধের কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই ভূমির ক্ষেত্রফলেরও কোন পরিবর্তন হবে না। গতিশীল দৈর্ঘ্য, $l = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

স্থির অবস্থায় সম্পূর্ণ পৃষ্টের ক্ষেত্রফল,

$A_0 = 2\pi r (r + l_0)$

গতিশীল অবস্থায় সম্পূর্ণ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল,

$A = 2\pi r (r + l)$

অতএব, ক্ষেত্রফলের শতকরা পরিবর্তন $= \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$

$$= \frac{2\pi r (r + l_0 - r - l)}{2\pi r (r + l_0)} \times 100\%$$

$$= \frac{l_0 - l}{r + l_0} \times 100\%$$

$$= \frac{l_0\left\{1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\right\}}{r + l_0} \times 100\%$$

$$= \frac{10\left\{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2.6}{3}\right)^2}\right\}}{1 + 10} \times 100\%$$

$$= 45.55\%$$

অতএব, গতিশীল অবস্থার মহাকাশযানের সম্পূর্ণ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল 45.55% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজের পদার্থ বিজ্ঞান বিভাগের প্রভাষক মি. ফারুক আহাম্মেদ ধাতুর উপর বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের রশ্মি ফেলে পরীক্ষা করার সময় লক্ষ করেন যে, একটি ধাতুর উপর 3000Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অতিবেগুনী রশ্মি ফেলা হলে ঐ ধাতুর পৃষ্ঠ হতে ইলেকট্রন নির্গত হয়। ধাতুটির সূচন কম্পাংক 6.8×10^{14} Hz।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]

ক. এক হেনরি এর সংজ্ঞা দাও। ১

খ. X-ray চৌম্বক ক্ষেত্রদ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ধাতু হতে নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ কত? ৩

ঘ. উক্ত ধাতুর উপর 3800Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মি আপতিত হলে নিবৃত্তি বিভবের কোন পরিবর্তন হবে কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুন্ডলীতে 1 As^{-1} হারে তড়িৎপ্রবাহমাত্রার পরিবর্তন করলে যদি 1V তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়, তাহলে ঐ কুন্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ককে এক হেনরী বলে।

খ X-ray কোন আহিত কণা নয়। এটি একটি তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। যেহেতু X-ray এর ভিতর কোন চার্জ নেই তাই X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র ও তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না।

গ এখানে, আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3000$ Å $= 3000 \times 10^{-10}$ m

ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 6.8 \times 10^{14}$ Hz

প্লাঙ্ক এর ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গাতিবেগ, $v_{max} = ?$

আমরা জানি, $hf = w_0 + K_{max}$

বা, $hf = h\frac{C}{\lambda_0} + K_{max}$

বা, $K_{max} = hf - hf_0$

$$= h(f - f_0)$$

$$= h\left(\frac{c}{\lambda} - f_0\right)$$

$$= 6.63 \times 10^{-34}\left(\frac{3 \times 10^8}{3000 \times 10^{-10}}\right) - 6.8 \times 10^{14}$$

$$= 2.122 \times 10^{-19} J$$

$\therefore K_{max} = 2.122 \times 10^{-19}$ J

বা, $\frac{1}{2} m v_{max}^2 = 2.122 \times 10^{-19}$

বা, $v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 2.122 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}}$

$\therefore V_{max} = 6.83 \times 10^5$ ms^{-1} **(Ans.)**

ঘ এখানে,
আপতিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800Å$
ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ J
আমরা জানি, $hf = W_0 + K_{max}$
বা, $K_{max} = hf - W_0$
$= hf - hf_0$
$= h\left(\frac{c}{\lambda} - f_0\right)$
$= 6.63 \times 10^{-34}\left(\frac{3 \times 10^8}{3800 \times 10^{-10}} - 6.8 \times 10^{14}\right)$
$= 7.258 \times 10^{-20}$ J
এখন, নিবৃত্তি বিভব V হলে–
$K_{max} = eV$
বা, $V = \frac{K_{max}}{e}$
বা, $V = \frac{7.258 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}}$
বা, $V = 0.454V$
আবার, 'গ' হতে,
$K'_{max} = 2.122 \times 10^{-19}$ J
নিবৃত্তি বিভব V' হলে
$K'_{max} = eV'$
বা, $V' = \frac{K'_{max}}{e}$
$= \frac{2.122 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.326$ V
∴ নিবৃত্তি বিভবের পরিবর্তন = 1.3226 V – 0.454 V
= 0.869 V
∴ উক্ত ধাতুর উপর 3800Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি আপতিত হলে নিবৃত্তি বিভব 0.869 V কমে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫০ 10 kgm^{-3} ঘনত্বের ও 10kg ভরের একটি সুষম ঘনাকৃতি বস্তু প্রযুক্ত বলের প্রভাবে প্রচণ্ড বেগে গতিশীল হয়। গতিশীল অবস্থায় এর দৈর্ঘ্য কিছুটা হ্রাস পেয়েছে বলে– ভূ-পৃষ্ঠের একজন পর্যবেক্ষকের কাছে মনে হয়। *[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]*

ক. দ্য-ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য কাকে বলে? ১
খ. কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে কি? ২
গ. পর্যবেক্ষকের কাছে বস্তুটির দৈর্ঘ্য 0.5 m বলে মনে হলে পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে বস্তুর বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পর্যবেক্ষকের কাছে বস্তুর গতিশীল অবস্থায় ঘনত্ব স্থির অবস্থার ঘনত্বের বেশি হবে কি-না মতামত দাও? ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক চলমান কণার সাথে একটি তরঙ্গ যুক্ত থাকে। এ তরঙ্গকে ডি-ব্রগলীর তরঙ্গ বলে।

খ ভরের আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$।

যদি v = c হয় তাহলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}}$
$= \frac{m_0}{\sqrt{1-1}} = \frac{m_0}{0} = \infty$ হয় যা অসম্ভব। তাই বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান বা বেশি হতে পারে না।

গ দৈর্ঘ্য সংকোচনের সূত্রানুযায়ী—

এখানে,
বস্তুটির স্থির ভর, $m_0 = 10$ kg
স্থির ঘনত্ব, $\rho_0 = 10 \text{ kgm}^{-3}$
অতএব এর দৈর্ঘ্য, a_0 হলে,
$a_0^3 = \frac{m_0}{\rho_0} = \frac{10}{10} \text{ m}^3$
∴ $a_0 = 1$m
গতিশীল দৈর্ঘ্য, a = 0.5 m
∴ বেগ, v = ?

$a = a_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$
বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{a}{a_0}\right)^2$
বা, $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{a}{a_0}\right)^2$
বা, $v = \sqrt{1-\left(\frac{a}{a_0}\right)^2}\ c$
$= \left\{1 - \left(\frac{0.5}{1}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \times 3 \times 10^8$
$= 2.6 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ ঘনাকার বস্তুটি তার দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল। তাই ঐ দৈর্ঘ্য বরাবর এর সংকোচন ঘটে। ক্ষেত্রফল বরাবর কোনো সংকোচন হয় না।
অতএব, গতিশীল আয়তন, $V = a_0^2 a$

বা, $V = a_0^3\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$
বা, $V = V_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

গতিশীল ভর, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

∴ গতিশীল ঘনত্ব, $\rho = \frac{m}{V}$

$$= \frac{\frac{m_0}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}}{V_0\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{\frac{m_0}{V_0}}{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$= \frac{\rho_0}{1-\left(\frac{2.6}{3}\right)^2}$$

$$= \frac{\rho_0}{0.25}$$

∴ $\rho : \rho_0 = 4 : 1$
অতএব, গতিশীল অবস্থায় বস্তুটির ঘনত্ব স্থিরাবস্থার তুলনায় 4 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫১ A ও B দুই ব্যক্তি 25 বছর বয়সে যথাক্রমে 0.866c ও 0.99c বেগে গতিশীল দুটি মহাশূন্যযানে করে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন এবং পৃথিবীর হিসাবে 15 বছর পর পৃথিবীতে ফিরে আসেন। A ও B উভয় ব্যক্তির ভর 50 কেজি। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]*

ক. তড়িৎ দ্বি-মেরু কাকে বলে? ১
খ. গতিশীল চার্জ বাহ্যিক বল অনুভব করে– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের আলোকে পৃথিবীতে ফিরে আসার পর দুই ব্যক্তির বয়সের ব্যবধান কত হবে? ৩
ঘ. A ব্যক্তির আইনস্টাইনের গতিশক্তি B ব্যক্তির চেয়ে কম না বেশি– উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ গতিশীল আধান নিজস্ব চৌম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করে। উৎপন্ন এ চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাসমূহ পূর্ব হতেই বিদ্যমান চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাসমূহের সাথে মিথস্ক্রিয়া বিকর্ষণ সম্পন্ন করে। বলরেখাসমূহের মধ্যকার বিকর্ষণের দরুণ একটি লব্ধি চৌম্বক ক্ষেত্রের উদ্ভব হয় এবং গতিশীল আধানটি এর গতিপথ পরিবর্তন করার তাগিদে একটি বল অনুভব করে, যা চৌম্বক বল নামে পরিচিত। এসকল কারণেই গতিশীল আধান চৌম্বকক্ষেত্রে বল অনুভব করে।

গ দেওয়া আছে,

A ব্যক্তির বেগ, $v_A = 0.866\ c$
B ব্যক্তির বেগ, $v_B = 0.99\ c$
ভূ-পৃষ্ঠ থেকে নির্ণীত সময়, $t = 15\ y$
মহাশূন্যযানে A এর বয়স $t_{OA} = ?$
এবং B এর বয়স $t_{OB} = ?$

আমরা জানি, $t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

A এর ক্ষেত্রে,

$$t_{OA} = t\sqrt{1 - \frac{v_A^2}{c^2}}$$
$$= 15\sqrt{1 - \frac{(0.866c)^2}{c^2}}$$
$$= 15\sqrt{1 - 0.74995}$$
$$= 7.5\ y$$

$\therefore$ A ব্যক্তির বয়স $= (25 + 7.5)$ বছর
$= 32.5$ বছর

B-এর ক্ষেত্রে,

$$t_{OB} = t\sqrt{1 - \frac{v_B^2}{c^2}}$$
$$= 15\sqrt{1 - \frac{(0.99c)^2}{c^2}} = 15\sqrt{1 - 0.9801} = 2.116\ y$$

B ব্যক্তির বয়স $= (25 + 2.116)$ বছর
$= 27.116$ বছর

$\therefore$ A ও B ব্যক্তির বয়সের ব্যবধান $= (32.5 - 27.11\ c)$ বছর
$= 5.384$ বছর **(Ans.)**

ঘ এখানে,

A ব্যক্তির স্থির অবস্থায় ভর, $m_{OA} = 25\ kg$
B ব্যক্তির স্থির অবস্থায় ভর, $m_{OB} = 25\ kg$
A ব্যক্তির বেগ, $v_A = 0.866\ c$
B ব্যক্তির বেগ, $v_B = 0.99\ c$

A ও B এর গতিশীল ভর যথাক্রমে m_A ও m_B হলে এদের আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি—

$$K_A = (m_A - m_{oA})\,c^2$$
$$= m_{oA}\,c^2 \left\{\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_A^2}{c^2}}} - 1\right\} J$$
$$= 25 \times (3 \times 10^8)^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - (0.866)^2}} - 1\right] J$$
$$= 2.25 \times 10^9\ GJ$$

$$K_B = (m_B - m_{OB})c^2$$
$$= \left\{\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_B}{c}\right)^2}} - 1\right\} m_{OB}c^2$$
$$= \left\{\frac{1}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} - 1\right\} \times 25 \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 7.97 \times 10^9\ GJ$$

অতএব, $K_B > K_A$, অর্থাৎ A বস্তুর আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি B এর তুলনায় কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫২ ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় ব্যবহৃত ধাতুর সূচনশক্তি 6.31eV। এতে 2000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটন আপতিত হলো।

[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা]

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১
খ. হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতিটি লিখো। ২
গ. ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের বর্ণনা অনুসারে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি হলো— কোনো কণার অবস্থান ও ভরবেগ নির্ভুলভাবে যুগপৎ পরিমাপ করা যায় না।
নিম্নোক্ত সম্পর্ক দ্বারা সীমাবদ্ধ নির্ভুলতাসহ এ রাশিগুলোর মান নির্ণয় করা যেতে পারে—

$$\Delta x\ \Delta p \geq \frac{1}{2}\ \frac{h}{2\pi}$$

বা, $\Delta x\ \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}\ \left(\because \hbar = \frac{h}{2\pi}\right)$

এখানে Δx এবং Δp যথাক্রমে অবস্থান ও ভরবেগ নির্ণয়ে অনিশ্চয়তার পরিমাণ। সম্পর্কটি থেকে বোঝা যায়, বস্তুর অবস্থান যতো বেশি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায় তার ভরবেগ তত কম নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যাবে। আবার, বেশি নির্ভুলভাবে ভরবেগ নির্ণয় করতে হলে কম নির্ভুলভাবে অবস্থান নির্ণয় করতে হবে।

গ ধাতুটির সূচন কম্পাংক f_0 হলে,

$W = hf_0$
বা, $f_0 = \frac{W}{h}$
$= \frac{1.011 \times 10^{-18}}{6.63 \times 10^{-34}}$
$= 1.52 \times 10^{15}$ Hz **(Ans.)**

এখানে,
কার্যাপেক্ষ, $W = 6.31$ eV
$= 6.31 \times 1.602 \times 10^{-19}$ J
$= 1.011 \times 10^{-18}$ J

ঘ ১৭ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ একজন মহাশূন্যচারী 25 বছর বয়সে $1.8 \times 10^8\ ms^{-1}$ বেগে গতিশীল 2000kg ভরের একটি মহাশূন্যযানে চড়ে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন। পৃথিবীর হিসেবে তিনি 30 বছর মহাকাশে কাটিয়ে এলেন।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. নিবৃত্তি বিভব কী? ১
খ. বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্যগুলো লিখ। ২
গ. মহাশূন্যচারী প্রকৃত বয়স কত হবে? ৩
ঘ. পৃথিবীতে এবং মহাশূন্যযানে অবস্থানরত দুইজন পর্যবেক্ষকের নিকট মহাশূন্যযানের মোট শক্তি একই হবে কী— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলা হয়।

খ বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ :

১. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে ধাবমান সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।
২. শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 49 years

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

পৃথিবীতে মহাশূন্য যানের ভর, $m_0 = 2000$ kg

বেগ, $v = 1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

জানা আছে, আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

ধরা যাক, মহাশূন্যযানের গতিশীল অবস্থায় ভর, m

আমরা জানি,

পৃথিবীতে অবস্থানরত পর্যবেক্ষক ভর পরিমাপ করবেন,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

$$= \frac{2000}{\sqrt{1 - \left(\frac{1.8 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$

$= 2500$ kg

∴ মহাশূন্যযানে অবস্থানরত পর্যবেক্ষক অনুযায়ী মহাশূন্য যানের মোট শক্তি,

$E_0 = m_0c^2$

$= 2000 \times (3 \times 10^8)^2$

$= 1.8 \times 10^{20}$ J

এবং পৃথিবীতে অবস্থানরত পর্যবেক্ষক অনুসারে মহাশূন্য যানের মোট শক্তি,

$E = mC^2$

$= 2500 \times (3 \times 10^8)$

$= 2.25 \times 10^{20}$ J

যেহেতু, $E_0 \neq E$

সুতরাং পৃথিবী ও মহাশূন্যযানে অবস্থানরত দুইজন পর্যবেক্ষকের নিকট মহাশূন্য যানের মোট শক্তি এক হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ পদার্থবিজ্ঞানের একজন শিক্ষক কলেজ পরীক্ষাগারে আলোক-তড়িৎ প্রদর্শনের জন্য ব্যবস্থা গ্রহণ করলেন। 1g পর্যবেক্ষণে তিনি সোডিয়াম পাতের উপর 300nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলো ফেলে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করলেন এবং সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি ছাত্র/ছাত্রীদের বুঝিয়ে দিলেন। পরীক্ষাটি পুনর্বার করতে গিয়ে তিনি ধীরে ধীরে আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ক্রমশ বৃদ্ধি করে দেখলেন যে, নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি কমে যায়, এবং 505nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো সোডিয়াম পাতের উপর আপতিত হলে নির্গত ইলেকট্রনের কোনো গতিশক্তি থাকে না। *[নওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]*

ক. কার্যাপেক্ষক কাকে বলে? ১

খ. কোন নির্দিষ্ট একটি ধাতব পাতের জন্য ছোট-নাকি বড় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা সহজে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন সহজ হবে? ২

গ. সোডিয়াম পাতের কার্যাপেক্ষক কত ছিল? ৩

ঘ. আপতিত আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বৃদ্ধির সাথে সাথে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি কেনো কমছিল তার যথাযথ ব্যাখ্যা দাও এবং এর মাধ্যমে তুমি আলোর প্রকৃতি সম্পর্কে কী ধারণা পাও? ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখন্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম হলে $E = h\frac{c}{\lambda}$ সূত্রানুসারে সংশ্লিষ্ট ফোটনের শক্তি বেশি হবে। সেক্ষেত্রে ঐ ফোটনের শক্তি ধাতুর কার্যাপেক্ষক অপেক্ষা বৃহত্তর বা সমান হলে তা ইলেকট্রন নিঃসরণে সক্ষম হবে। সুতরাং কোনো নির্দিষ্ট ধাতব পাতের জন্য ছোট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা সহজে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন সহজতর হবে।

গ

দেওয়া আছে,
সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = 505$nm

কার্যাপেক্ষক,

$\phi = hf_0$

$= \frac{hc}{\lambda_0}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{505 \times 10^{-9}}$

$= 3.939 \times 10^{-19}$ J

$= 2.46$ eV **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, একটি আলোক কণার শক্তি, $E = \frac{hc}{\lambda}$

$\therefore E \propto \frac{1}{\lambda}$

অর্থাৎ, আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বাড়ানো হলে আলোর শক্তি কমে যায়,

আবার, আমরা জানি,

গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

$\therefore E_k \propto v^2$

অর্থাৎ, গতিশক্তি কমে গেলে কোনো বস্তুর বেগও হ্রাস পায়। তাই শিক্ষক আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করায় আলোর শক্তি কমে গিয়েছিল এবং আলোর শক্তি কমে যাওয়ায় নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি কম ছিল। এখানে, উল্লেখ্য যে, একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পরে আর কোনো তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্যেই ইলেকট্রন নির্গত হয় না এবং উদ্দীপকের ধাতুর জন্য এই তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 505 nm।

উপরোক্ত পরীক্ষণ থেকে ধারণা পাওয়া যায় যে, আলো এক ধরনের কণা যার শক্তি তার তরঙ্গদৈর্ঘ্য তথা কম্পাঙ্ক তথা রঙের উপর নির্ভরশীল।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ 1.5×10^{19} Hz কম্পাংকের একটি ফোটন একটি স্থির ইলেকট্রনকে আঘাত করে। এতে ফোটনটি 45° কোণে বিক্ষিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনটি আলোকদ্রুতির 90% দ্রুতিতে গতিশীল হয়। *[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]*

ক. অজড় প্রসংগ কাঠামো কাকে বলে? ১

খ. আলোর দ্রুতিকে সার্বজনীন ধ্রুবক বলার কারণ কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের উল্লিখিত ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি সমর্থন করে কিনা যাচাই করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল প্রসজ্ঞে কাঠামো পরস্পরের সাথে ধ্রুব বেগে গতিশীল নয় অর্থাৎ যে সকল প্রসজ্ঞা কাঠামোর ত্বরণ থাকে তাদেরকে অজড় প্রসজ্ঞা কাঠামো বলে।

খ আলোর দ্রুতি ধ্রুবতার নীতিটি হচ্ছে—শূন্য স্থানে সকল জড় প্রসজ্ঞা কাঠামোতে আলোর দ্রুতিতে c এর মান একই।

ব্যাখ্যা: ধরি, তিন জন পর্যবেক্ষক O_1, O_2, O_3; S_1, S_2, S_3 কাঠামোতে আছেন যেখানে S_2, S_1 থেকে $^c/_4$ দ্রুতিতে দূরে সরে যাচ্ছে এবং S_3, S_1 এর দিকে $^c/_4$ দ্রুতিতে এগিয়ে আসছে। O_1 যদি কোনো আলো নিঃসরণ করেন, তাহলে O_2 তার দ্রুতি পরিমাপ করার কথা $c - {^c/_4} = \frac{3c}{4}$ এবং O_3 এর পরিমাপ করার কথা $c + {^c/_4} = \frac{5c}{4}$। কিন্তু সকলেই আলোর দ্রুতি পরিমাপ করেন c. ইহাই আলোর দ্রুতি ধ্রুবতার নীতি।

গ

দেওয়া আছে,
আদি কম্পাঙ্ক, $f = 1.5 \times 10^{19}$Hz
বিক্ষেপণ কোণ, $\phi = 45°$

$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\phi)$

$= \frac{6.634 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}(1 - \cos 45)$

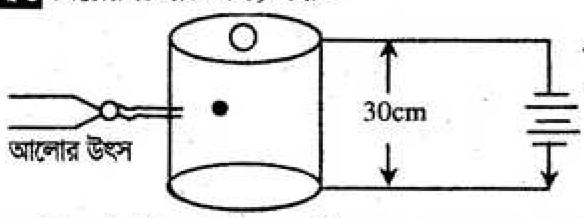
$\Rightarrow \lambda' - \lambda = 7.1 \times 10^{-13}$
$\Rightarrow \lambda' = \lambda + 7.1 \times 10^{-13}$
$= \frac{c}{f} + 7.1 \times 10^{-13}$
$= \frac{3 \times 10^8}{1.5 \times 10^{19}} + 7.1 \times 10^{-13}$
$= 2.07 \times 10^{-11}$
$= 0.207\text{Å}$ **(Ans.)**

ঘ সংঘর্ষের পূর্বে মোট শক্তি, $E_i = hf + m_0c^2$
$= 6.63 \times 10^{-34} \times 1.5 \times 10^{19} + 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$
$= 9.2 \times 10^{-14}$ J
$= 0.575$ MeV

সংঘর্ষের পরে মোট শক্তি, $E_f = hf' + mc^2$
$$= \frac{hc}{\lambda'} + \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.07 \times 10^{-11}} + \frac{9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - (0.9)^2}}$$
$= 1.977 \times 10^{-13}$ J
$= 1.235$ MeV

$E_i \neq E_f$ অতএব, উদ্দীপকে ঘটনাটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুসরণ করে না।

প্রশ্ন ▶৫৬ নিম্নের চিত্রটি লক্ষ্য কর—



বায়ুশূন্য কাঁচ পাত্রটির উপর ও নীচের পাতদ্বয় তামার তৈরী। একটি 500 gm ভরের প্লাটিনামের গোলককে উপর থেকে ফেলে দেওয়া হলো। গোলকটি মাঝ বরাবর আসলে একটি আলোর উৎস হতে 7.5×10^{15}Hz কম্পাংকের আলো দিয়ে স্নাত করার ব্যবস্থা আছে। উল্লেখ্য এই প্রক্রিয়ায় 6×10^{19}টি ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয়।

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. ঘটনা দিগন্ত কি? ১
খ. ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যায় চিরায়িত বলবিজ্ঞানের ব্যর্থতা লিখ। ২
গ. প্লাটিনামের কার্যাপেক্ষক 5.65eV হলে নির্গত ফটো ইলেকট্রনের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গোলকটি নিচে পড়বে, উপরের দিকে উঠে যাবে নাকি স্থির থাকবে- গাণিতিক যুক্তিসহ উপস্থাপন করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কৃষ্ণ বিবর অঞ্চলের সীমাকে ঘটনা দিগন্ত বলে।

খ চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান অনুসারে আলোকশক্তি সমগ্র তরঙ্গ মুখে ব্যাপ্ত থাকে। ধাতব পৃষ্ঠে অবস্থিত এক একটি অণুর উপর তরঙ্গগুলোর খুবই ক্ষুদ্র অংশ আপতিত হয়। ফলে প্রতিটি ইলেকট্রন সেকেন্ডে যৎসামান্য শক্তি আহরণ করে। মুক্ত হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি আহরণে অনেক সময় লাগার কথা। কিন্তু বাস্তবে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। এক্ষেত্রে চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান দ্বারা কম্পাঙ্কের ওপর ইলেকট্রনের গতিশক্তির নির্ভরশীলতা ব্যাখ্যা করা যায় না। সূচন কম্পাঙ্কের অস্তিত্ব ব্যাখ্যা করা যায় না। তাছাড়া চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানানুসারে ইলেকট্রনের গতিশক্তি তীব্রতার ওপর নির্ভরশীল হওয়ার কথা কিন্তু বাস্তবে তা নয়।

গ

$hf = \varphi + \frac{1}{2}mv^2$
$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = hf - \varphi$
$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v^2 = 6.63 \times 10^{-34} \times 7.5 \times 10^{15} - 5.65 \times 1.6 \times 10^{-19}$
$\therefore v = 2.98 \times 10^6$ m/s **(Ans.)**

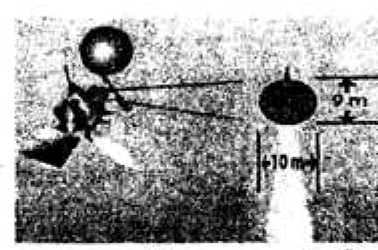
দেয়া আছে,
কার্যাপেক্ষক,
$\varphi = 5.65$ eV
$= 5.65 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
আলোর কম্পাংক,
$f = 7.5 \times 10^{15}$ Hz

ঘ 6×10^{19} টি ফটো ইলেকট্রন বের হয়ে যাওয়ার পর বলটির চার্জ,
$q = 6 \times 10^{19} \times 1.6 \times 10^{-19}$
$= 9.6$ C
এখানে, V = 30V, d = 30cm = 0.3m
এবং পাত্রটির ভিতরে তড়িৎক্ষেত্র, $E = \frac{V}{d}$
$= \frac{30}{0.3}$
$= 100$ N/C
$\therefore$ বলটির উপর বল = তড়িৎ বল − ওজন
$= qE - mg$
$= 9.6 \times 100 - 0.5 \times 9.8$
[দেয়া আছে, ভর, m = 0.5 kg]
$= 960 - 4.9$
$= 955.1$ N
$\therefore$ বলটির ওজন অপেক্ষা তড়িৎবল বেশি।
অতএব, বলটি উপরের দিকে উঠবে। **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶৫৭ জাফর স্যার আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব সম্পর্কে ধারণা দেয়ার জন্য তার ছাত্রদের একটি সায়েন্স ফিকশন সিনেমা দেখাচ্ছিলেন। সিনেমার দুটি দৃশ্য নিম্নরূপ:



একটি গোলাকৃতির স্পেস শিপকে পৃথিবী থেকে মহাকাশে উৎক্ষেপণ মুহূর্ত



মহাকাশ স্টেশন থেকে গতিশীল স্পেস শিপ পর্যবেক্ষণ।

[রাঙামাটি সরকারি কলেজ]

ক. আপেক্ষিক তত্ত্বের দ্বিতীয় স্বীকার্য লিখ। ১
খ. কোন ক্ষেত্রে গ্যালিলিও রূপান্তর কার্যকর? ২
গ. মহাকাশ স্টেশন সাপেক্ষে স্পেস শিপটির বেগ কত? ৩
ঘ. মহাকাশ স্টেশন সাপেক্ষে স্পেস শিপটির দৃশ্যমান আকার কারণ উদঘাটন করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আপেক্ষিক তত্ত্বের দ্বিতীয় স্বীকার্য শূন্যস্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর বেগ c একই থাকে।

খ প্রসঙ্গ কাঠামোদ্বয়ের আপেক্ষিক দ্রুতি v, আলোর দ্রুতি c এর তুলনায় অত্যন্ত কম হলে, সেক্ষেত্রে গ্যালিলিও রূপান্তর কার্যকর হয়।

গ দেওয়া আছে,
স্পেস শিপের নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 10$ m
গতিশীল দৈর্ঘ্য, L = 9m

জানা আছে, আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

আমরা জানি, $L = L_0\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$

বা, $1-\left(\frac{v}{c}\right)^2 = \left(\frac{L}{L_0}\right)^2$

বা, $\left(\frac{v}{c}\right)^2 = 1-\left(\frac{L}{L_0}\right)^2$

বা, $v = c\sqrt{1-\left(\frac{L}{L_0}\right)^2}$

$= 3 \times 10^8 \times \sqrt{1-\left(\frac{9}{10}\right)^2}$

$= 1.308 \times 10^8 m^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ "গ" অংশ হতে পাই,

স্পেস শিপের বেগ, $v = 1.308 \times 10^8 ms^{-1}$

$= 0.44c$

মহাকাশ স্পেশন থেকে যখন 0.44c বেগে গতিশীল স্পেস শিপটিকে পর্যবেক্ষণ করা হয় তখন আপেক্ষিকতা তত্ত্ব অনুসারে গতির দিক বরাবর এর ব্যাস সংকোচন লক্ষ করা যায়। কিন্তু গতির সাথে লম্ব বরাবর ব্যাস পূর্বের মতই থাকে ফলে গোলাকার স্পেস শিপটিকে পর্যবেক্ষকের দৃষ্টিতে উপবৃত্তাকার মনে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ একটি ধাতুর উপর দুই বন্ধু যথাক্রমে 3000Å এবং 2500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর আপতন ঘটালো। লক্ষ্য করা গেল যে উভয় ক্ষেত্রেই ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হলেও প্রথম বন্ধুর আলোর আপতনের কারণে ইলেকট্রন কোনো গতিশক্তি অর্জন করে নি।

[খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি]

ক. আলোর অপবর্তন কাকে বলে? ১

খ. "আলোক তড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা"—উক্তিটির যথার্থতা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ধাতুটিতে ইলেকট্রন কত eV বন্ধন শক্তিতে আবদ্ধ ছিল? ৩

ঘ. দ্বিতীয় বন্ধু ঐ ধাতুর উপর আপতিত আলোর কম্পাংক 10% কমালে নিঃসৃত ইলেকট্রনের বেগ কতটুকু হ্রাস পাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ কোয়ান্টাম তত্ত্বানুযায়ী একটি ফোটনের সাথে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রনের সংঘর্ষ হয় এবং ইলেকট্রন তার গৃহীত শক্তির ভাগ অন্যান্য ইলেকট্রনকে দেয় না। সুতরাং এই সংঘর্ষে শক্তি সংরক্ষিত থাকে এবং একে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে শক্তির তাৎক্ষণিক হস্তান্তর হয় বলে আলোক রশ্মির আপতন ও ইলেকট্রন নির্গমন এই দুইয়ের মাঝে কোনো কাল বিলম্বন ঘটে না। সুতরাং ফটোতড়িৎ প্রক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা।

গ যেহেতু প্রথম বন্ধুর আলো দ্বারা ইলেকট্রন কোনো রকমে নিঃসৃত হয়,

$\therefore$ ইলেকট্রন বন্ধনশক্তি = আলোর শক্তি

$= \frac{hc}{\lambda}$

দেওয়া আছে,
প্রথম বন্ধুর,
আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
$\lambda = 3000$ Å

$= \frac{6.634 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3000 \times 10^{-10}}$

$= 6.634 \times 10^{-19}$ J

$= 4.146$ eV. **(Ans.)**

ঘ যদি উদ্দীপকে উল্লিখিত ধাতুর কার্যাপেক্ষক φ হয় তবে,

$hf = \frac{1}{2}mv^2 + \varphi$ যেখানে, v = ইলেকট্রনের বেগ
f = আপতিত আলোর কম্পাংক

বা, $\frac{1}{2}mv^2 = hf - \varphi$

বা, $v = \sqrt{\frac{2}{m}(hf-\varphi)}$

$= \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{\lambda}-\varphi\right)}$

$= \sqrt{\frac{2}{9.11 \times 10^{-31}} \times \left(\frac{6.634 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2500 \times 10^{-10}} - 6.634 \times 10^{-19}\right)}$

$= 5.4 \times 10^5 ms^{-1}$

যদি কম্পাংক 10% কমে তবে নতুন কম্পাংক, $f' = 0.9 f$

$\therefore 0.9 hf = \frac{1}{2}mv'^2 + \varphi$

বা, $0.9\frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2}mv'^2 + \varphi$

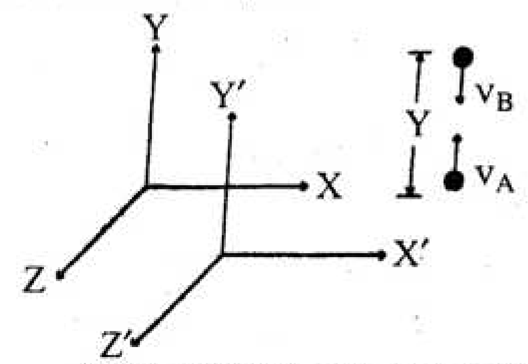
(গ) হতে পাই, $\varphi = 6.634 \times 10^{-19}$ J

$\therefore 0.9 \times \frac{6.634 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2500 \times 10^{-10}} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v'^2 + 6.634 \times 10^{-19}$

$\therefore v' = 3.4 \times 10^5$ m/s

অতএব, কম্পাংক 10% হ্রাস করলে ইলেকট্রনের বেগ $(5.4 - 3.4) \times 10^5 ms^{-1}$ বা $2 \times 10^5 ms^{-1}$ হ্রাস পায়।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ নিচের চিত্রে S এবং S′ দুটি প্রসঙ্গ কাঠামো। S′ কাঠামোটি X অক্ষের অভিমুখে S কাঠামোর সাপেক্ষে v বেগে গতিশীল। কাঠামোগুলোতে অবস্থিত দুইজন পর্যবেক্ষক দুটি কণা A ও B এর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ পর্যবেক্ষণ করছেন।



[এম.সি. একাডেমী মডেল স্কুল ও কলেজ, গোলাপগঞ্জ, সিলেট]

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১

খ. আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যগুলো লিখ। ২

গ. একটি ইলেকট্রন 0.93% c দ্রুতিতে গতিশীল হলে এর চলমান ভর কত? ৩

ঘ. দেখাও যে, উদ্দীপকের একজন পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে v বেগে গতিশীল অবস্থায় একটি বস্তুর ভর নিশ্চল ভরের $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ গুণ। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ :

১. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে ধাবমান সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

২. শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ একটি ইলেকট্রনের চলমান ভর m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{9.11 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - (9.3 \times 10^{-3})^2}} kg$$

$$= 9.1104 \times 10^{-31} kg \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
ইলেকট্রনের স্থির ভর,
$m_0 = 9.11 \times 10^{-31}$ kg
বেগ, $v = 0.93\% \ c = \frac{0.93}{100} c$
$= 9.3 \times 10^{-3} c$

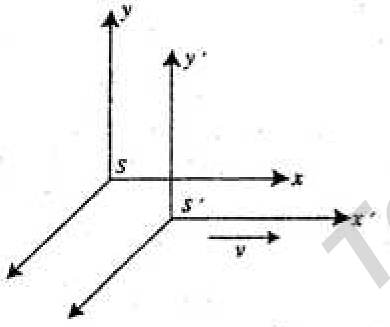
ঘ গতিবৃদ্ধির সাথে বস্তুর ভর বৃদ্ধি আমরা নিম্নোক্ত উপায়ে দেখাতে পারি। মনে করি, S এবং S′ দুটি জড় প্রসজ্গ কাঠামো। S′ কাঠামোটি X অক্ষের অভিমুখে S কাঠামোর সাপেক্ষে v সুষম বেগে গতিশীল। এ কাঠামোগুলোতে অবস্থিত দু'জন পর্যবেক্ষক দুটি কণা A ও B এর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ পর্যবেক্ষণ করছেন। কণা দুটির ভর সমান। যে প্রসজ্গ কাঠামোতে A এবং B স্থির সে প্রসজ্গ কাঠামোতে তাদের ধর্ম অভিন্ন।

মনি করি, সংঘর্ষের পূর্বে A কণাটি S কাঠামোতে এবং B কণাটি S′ কাঠামোতে স্থির রয়েছে। একই মুহূর্তে A কণাটিকে v_A বেগে + y অক্ষের দিকে এবং B কণাটিকে v'_B বেগে –y′ অক্ষের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। এখানে $v_A = v'_B$.

সুতরাং S কাঠামো থেকে দেখা A এর ধর্ম এবং S′ কাঠামো থেকে দেখা B-এর ধর্ম সম্পূর্ণভাবে অভিন্ন হবে। সংঘর্ষের পর A, –y অক্ষের দিকে v_A বেগে এবং B + y′ অক্ষের দিকে v'_B বেগে ফিরে আসে। কণাগুলো যদি Y দূরত্ব থেকে নিক্ষেপ করা হয় তাহলে উভয় পর্যবেক্ষক পর্যবেক্ষণ করবে যে সংঘর্ষটি $\frac{1}{2}$ Y দূরত্বে সংঘটিত হচ্ছে। সুতরাং S কাঠামোতে A এর ভ্রমণকাল বা গতিকাল হবে,

$$T_0 = \frac{Y}{v_A} \ldots (i)$$

S′ কাঠামোতে B এর ভ্রমণকাল একই থাকবে।



অতএব,

$$T_0 = \frac{Y}{v'_B}$$

S কাঠামোতে ভরবেগে যদি সংরক্ষিত থাকে এবং কাঠামোটিতে m_A ও m_B, এবং v_A ও v_B যথাক্রমে A ও B এর ভর এবং বেগ হয় তাহলে ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি থেকে পাওয়া যায়,

$$m_A v_A = m_B v_B \ldots (ii)$$

এখন, S কাঠামোতে B এর ভ্রমণকাল যদি T হয়, তবে,

$$v_B = \frac{Y}{T} \ldots (iii)$$

এখন S′ কাঠামোতে B এর ভ্রমণকাল T_0। কালদীর্ঘায়ন থেকে আমরা জানি, T এবং T_0 এর মধ্যে সম্পর্ক হলো,

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

(ii) নং সমীকরণে এর মান বসিয়ে আমরা পাই,

$$V_B = \frac{Y\sqrt{1 - v^2/c^2}}{T_0}$$

এবং (i) সমীকরণ থেকে $V_A = \frac{Y}{T_0}$

(ii) নং সমীকরণে V_A এবং V_B এর মান বসালে, সমীকরণটি দাঁড়ায়,

$$m_A \frac{Y}{T_0} = m_B \frac{Y\sqrt{1 - v^2/c^2}}{T_0}$$

বা, $m_A = m_B \sqrt{1 - v^2/c^2}$

বা, $m_B = \frac{m_A}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \ldots (iv)$

উপরিউক্ত উদাহরণে A ও B উভয়েই S কাঠামোতে গতিশীল। বেগ v_A এবং v_B খুব কম হলে S কাঠামোর একজন পর্যবেক্ষক দেখবেন যে, A স্থির রয়েছে এবং B, A এর অভিমুখে v বেগে অগ্রসর হয়ে বক্রভাবে সংঘর্ষের পর চলতে শুরু করেছে। অতএব S কাঠামোতে,

$m_A = m_0$
এবং $m_B = m$

এখন (iv) নং সমীকরণে m_A ও m_B এর নতুন মান বসিয়ে আমরা পাই,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

সুতরাং কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে আপেক্ষিক বেগে গতিশীল কোনো বস্তুর ভর, ঐ বস্তুর নিশ্চল ভরের চেয়ে বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৬০ একজন নভোচারীর ভর 60kg এবং বয়স 35 বছর। তিনি একই বয়সের এক বন্ধুকে পৃথিবীতে রেখে মহাকাশের উদ্দেশ্যে আলোর বেগের 80% বেগে মহাকাশ ভ্রমণে বের হলো। 20 বছর ভ্রমণ শেষে পৃথিবীতে ফিরে জানলো ঐ দিনই বন্ধুটি মারা গেছে।

[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]

ক. ফার্মাটের নীতি কী? ১
খ. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাসের সাথে বিবর্ধণ ক্ষমতার সম্পর্কটি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গতিশীল অবস্থায় নভোচারীর ভর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. নভোচারীর বন্ধুটি 55 বছর বয়সেই মারা যাবে কিনা যাচাই করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে সেই পথ অনুসরণ করে।

খ সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাসের সাথে বিবর্ধন ক্ষমতার সম্পর্ক নিম্নরূপ–

$$M = 1 + \frac{D}{f}$$

যেখানে, বিবর্ধন ক্ষমতা, M
ফোকাস দূরত্ব, f
চোখের নিকটতম দূরত্ব, D

সম্পর্কটি হতে দেখা যাচ্ছে ফোকাস দূরত্ব যতই কম হবে চোখের নিকট বিন্দুতে ততই বিবর্ধিত আকারের বিম্ব তৈরি হবে এবং লক্ষ্যবস্তু অধিক স্পষ্টতর দেখা যাবে।

গ গতিশীল অবস্থায় নভোচারীর ভর, m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{60}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}}$$

$$= 100 \text{ kg} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
নভোচারীর স্থির ভর, $m_0 = 60$ kg
নভোচারীর বেগ, v = c এর 80%
= 0.8c

ঘ নভোচারীর 20 বছর ভ্রমণের সময় পৃথিবীতে t সময় অতিক্রান্ত হলে

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{20}{\sqrt{1-\left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = 33.33y$$

এখানে,
নভোচারীর ভ্রমণে অতিক্রান্ত সময়, $t_0 = 20y$
নভোচারীর বেগ, $v = 0.8c$

অর্থাৎ, নভোচারীর বন্ধুর বয়স হবে $35 + 33.33 = 68.33y$
অতএব, নভোচারীর বন্ধুটি 55 বছর বয়সে মারা যাবে না, বরং 68.33 বছর বয়সে মারা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬১ কেনেডি স্পেস স্টেশন থেকে 2000kg ভরের ও 10m দৈর্ঘ্যের একটি স্পেসশিপকে 0.44C বেগে উৎক্ষেপণ করা হলো। *[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]*

ক. পূর্ব অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত কী? ১
খ. লেন্সের চারিপার্শ্বের মাধ্যম পরিবর্তন করলে উহার ফোকাস দূরত্ব পরিবর্তন হয় কেন? ২
গ. মহাকাশ স্টেশনের পর্যবেক্ষনে স্পেসশিপের ভর কত? ৩
ঘ. মহাকাশ স্টেশন থেকে পর্যবেক্ষণের আকারের পরিবর্তন আলোচনা করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত:
i. আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে ঘন ও হালকা মাধ্যমের বিভেদ তলে আপতিত হবে।
ii. আপতন কোণ সংকট কোণের চেয়ে বড় হবে।

খ লেন্সের চারিপার্শ্বস্থ মাধ্যম পরিবর্তন করলে এর উপাদানের আপেক্ষিক প্রতিসরণাংক পরিবর্তিত হয়ে যায়। তখন লেন্সের অভিসারী বা অপসারী ক্ষমতাও পরিবর্তন ঘটে বলে $P = \frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{\gamma_2}\right)$ সূত্রানুসারে এর ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2227.17 kg।

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,
স্পেস শিপের নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 10$ m
স্পেস শিপের বেগ, $v = 0.44C$
স্পেস শিপের গতিশীল দৈর্ঘ্য L হলে.

$$L = L_0\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2} = 10\sqrt{1-\left(\frac{0.44c}{c}\right)^2} = 8.98 \text{ m}$$

∴ মহাকাশ স্টেশন থেকে পর্যবেক্ষিত স্পেসশিপের আকারের পরিবর্তন,
$\Delta L = L_0 - L = 10 - 8.98 = 1.02$ m
অতএব, স্পেসশিপটিকে 1.02m ছোট মনে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬২ একটি অতি ক্ষুদ্র বস্তুকণার ভর 9×10^{-32}kg উক্ত কনাটি 0.98c বেগে গতিশীল। *[মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. আপেক্ষিকতার দ্বিতীয় স্বীকার্যটি লিখ। ১
খ. আলোর বেগে গতিশীল কণার নিশ্চল ভর কত– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বস্তু কণাটির মোট শক্তি কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের বস্তু কণাটির নিউটনীয় গতিশক্তি ও আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতার গতিশক্তির মধ্যে কোনটি বেশি হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আপেক্ষিকতার দ্বিতীয় স্বীকার্য : শূন্য স্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর দ্রুতি C একই থাকে।

খ আইনস্টাইনের ভর-শক্তি ভরবেগ সমীকরণ ব্যবহার করে পাই, $E^2 = P^2C^2 + m_0^2c^2$; যেখানে m_0 নিশ্চয় ভর। আবার, ডি-ব্রগলীর তরঙ্গ সমীকরণ ব্যবহার করে পাই, $P = \frac{\lambda}{\lambda}$; যেখানে $\lambda = \frac{V}{v}$; বস্তু আলোর বেগ চললে $\lambda = \frac{c}{v} = \frac{c}{\frac{E}{h}} = \frac{hc}{E}$

বা, $P = \frac{h}{\frac{hc}{E}} = \frac{E}{c}$; P এর এই মান উপরের সমীকরণে ব্যবহার করে পাই,

$E^2 = \frac{E^2}{c^2}.c^2 + m_0^2c^4$; বা, $E^2 = E^2 + m_0^2C^4$
বা, $m_0^2C^4 = 0 \therefore m_0 = 0$
অতএব, আলোর বেগে গতিশীল কণার স্থির বা নিশ্চল ভর অবশ্যই শূন্য।

গ রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ-২য় পত্র; প্রশ্ন ৬ এর (গ) এর অনুরূপ। **উত্তর:** 4.07×10^{-13}J বা, 2.544 MeV

ঘ রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ-২য় পত্র; প্রশ্ন ৬ এর (ঘ) এর অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষায় একটি ধাতুর উপর 5500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপাতিত হলে শুধুমাত্র ইলেকট্রন নির্গত হয়, গতি শক্তি প্রাপ্ত হয় না। যদি 3500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয়, তবে ইলেকট্রন নির্গত হয়। *[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]*

ক. ফটো ইলেকট্রন কাকে বলে? ১
খ. চলন্ত ট্রেনের জানালা দিয়ে পাথর ফেলে দিলে, টেনে বসা যাত্রী ও রাস্তার পাশে দাড়ানো যাত্রীর নিকট পাথরের গতি কেমন বলে মনে হবে? ২
গ. নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উক্ত ধাতুর উপর 2500Å ও 2000Å ফোটন আপতিত করলে নিবৃত্তি বিভব বনাম তরঙ্গদৈর্ঘ্য লেখচিত্র অংকন করা সম্ভব কীনা– তা গাণিতিক বিশ্লেষণ সহ মতামত দাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোন ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার ফলে তা থেকে নিঃসৃত ইলেকট্রনকে ফটো ইলেকট্রন বলে।

খ চলন্ত ট্রেনের জানালা দিয়ে পাথর ফেলে দিলে ট্রেনে বসা যাত্রীর নিকট মনে হবে পাথরটি বোধ হয় মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ন্যায় কেবল নিচে পরে গেল। অর্থাৎ সে পাথরটিতে একমাত্রিক গতি লক্ষ করবে। কিন্তু রাস্তার পাশে দাড়ানো যাত্রী পাথরের মধ্যে দ্বিমাত্রিক গতি লক্ষ করবে, অর্থাৎ পাথরটিকে সে একটি প্রাস আকারে দেখবে। এর কারণ হলো পাথরটি ফেলে দেয়ার মুহূর্তে এটি সম্মুখ বরাবর একটি ধ্রুব বেগও অর্জন করে।

গ প্রশ্নমতে,
সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = 5500\text{Å} = 5.5 \times 10^{-7}$ m
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3500\text{ Å} = 3.5 \times 10^{-7}$ m
জানা আছে, শূন্যস্থান বা বায়ুতে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
বের করতে হবে, নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $E_{kmax} = ?$
আমরা জানি, $hv = hv_0 + E_{kmax}$
বা, $h\frac{c}{\lambda} = h\frac{c}{\lambda_0} + E_{kmax}$

$\therefore E_{kmax} = h\frac{c}{\lambda} - h\frac{c}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

$= 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times \left(\frac{1}{3.5 \times 10^{-7}} - \frac{1}{5.5 \times 10^{-7}}\right)$

$= 2.0665 \times 10^{-19}$ J

ঘ $\lambda = 3500$ Å এর জন্য নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি

$E_{kmax} = 2.0665 \times 10^{-19}$ J $= 1.29$ eV

এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 1.29 V

$\lambda = 2500$ Å এর ফোটনের ক্ষেত্রে

$E_{kmax} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

$= 6.63 \times 10^{-34}\ Js \times 3 \times 10^8\ ms^{-1} \times \left(\frac{1}{2.5 \times 10^{-7}\ m} - \frac{1}{5.5 \times 10^{-7}\ m}\right)$

$= 4.34 \times 10^{-19}$ J $= 2.71$ eV

এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 2.71 V

$\lambda = 2000$Å ফোটনের ক্ষেত্রে

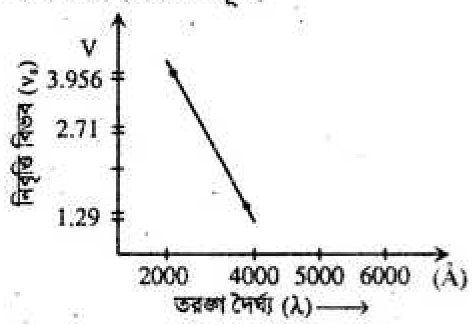
$E_{kmax} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

$= 6.63 \times 10^{-34}\ Js \times 3 \times 10^8\ ms^{-1} \times \left(\frac{1}{2 \times 10^{-7}\ m} - \frac{1}{5.5 \times 10^{-7}\ m}\right)$

$= 6.33 \times 10^{-19}$ J $= 3.956$ eV

∴ এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 3.956 V

যেহেতু তিনটি বিন্দু পাওয়া গেছে নিবৃত্তি বিভব বনাম তরঙ্গ দৈর্ঘ্য লেখচিত্র আঁকা সম্ভব এবং তা নিম্নরূপ:



প্রশ্ন ▶৬৪ একটি কুলিজ নলে X-ray উৎপাদনের জন্য অ্যানোড ও ক্যাথোডের মধ্যে 50 kV বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হলো। উৎপন্ন X-ray ধাতুর একটি ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষ ঘটিয়ে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হলো। ইলেকট্রনটি 90° কোণে বিক্ষিপ্ত হলো। *[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]*

ক. সূচন কম্পাংক কাকে বলে? ১

খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উৎপন্ন X-ray এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বিক্ষিপ্ত ফোটন ও প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের তুলনা করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ কোয়ান্টাম তত্ত্বানুযায়ী একটি ফোটনের সাথে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রনের সংঘর্ষ হয় এবং ইলেকট্রন তার গৃহীত শক্তির ভাগ অন্যান্য ইলেকট্রনকে দেয় না। সুতরাং এই সংঘর্ষে শক্তি সংরক্ষিত থাকে এবং একে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে শক্তির তাৎক্ষণিক হস্তান্তর হয় বলে আলোক রশ্মির আপতন ও ইলেকট্রন নির্গমন এই দুইয়ের মাঝে কোন কাল বিলম্বন ঘটে না। সুতরাং ফটোতড়িৎ প্রক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.248Å

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶৬৫ আদির যখন 27 বছর বয়স তখন তার বাবা নাসার একজন মহাকাশ গবেষক ছায়া পথের অনুসন্ধানে 52 বছর বয়সে 15m দৈর্ঘ্যের একটি মহাকাশ যানে করে মহাকাশ ভ্রমণে যান। নাসার হেড অফিস থেকে গতিশীল অবস্থায় মহাকাশযানটির দৈর্ঘ্য 6.5m পরিমাপ করা হয় এবং সময় গণনা করা হয়। *[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]*

ক. ডোপিং কী? ১

খ. 0°C তাপমাত্রায় সেমিকন্ডাক্টর অপরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মহাকাশযানটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 42 বছর পর মহাকাশ ফেরত বাবা ও ছেলের বয়সের তুলনা গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু ভেজাল হিসেবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ পরমশূন্য তাপমাত্রায় (0K) অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এ তাপমাত্রায় সমযোজী অণুবন্ধনগুলো খুবই সরল হয় এবং সবগুলো যোজন ইলেকট্রনই সমযোজী অণুবন্ধন তৈরিতে ব্যস্ত থাকে। ফলে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না এবং অর্ধ-পরিবাহীতে কেলাস এ অবস্থায় যোজন ব্যান্ড পূর্ণ থাকে এবং যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মাঝে শক্তির ব্যবধান বিরাট হয় ফলে কোনো যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে এসে মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে না। ফলে মুক্ত ইলেকট্রন না থাকার কারণে পরমশূন্য তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে।

গ দেওয়া আছে,

স্থির অবস্থায় দৈর্ঘ্য, $L_0 = 15$ m

গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য, $L = 6.5$ m

জানা আছে, শূন্যস্থানে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

বের করতে হবে, মহাকাশ যানটির বেগ, v = ?

আমরা জানি, $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{L}{L_0}\right)^2$

বা, $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2$

বা, $v^2 = c^2\left\{1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2\right\}$

$\therefore v = c\sqrt{1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2} = 3 \times 10^8\ ms^{-1} \times \sqrt{\left[1 - \left(\frac{6.5}{15}\right)^2\right]}$

$= 2.7 \times 10^8\ ms^{-1}$

ঘ স্থির কাঠামোতে পরিমাপিত সময়, t = 42 y

∴ গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপিত সময়,

$t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 42y \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.7 \times 10^8\ ms^{-1}}{3 \times 10^8\ ms^{-1}}\right)^2}$

$= 18.3$ y

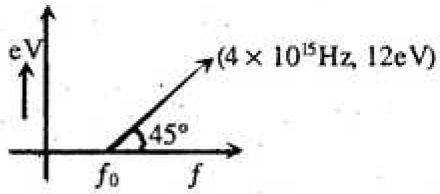
∴ ফেরত আসার মুহূর্তে ছেলের বয়স

= 27y + 42y = 69y

এবং বাবার বয়স = 52 + 18.3 = 70.3 y

সুতরাং মহাকাশ ফেরতের সময় বাবা ও ছেলের বয়স প্রায় সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৬



[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

ক. কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য কাকে বলে? ১
খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ইলেকট্রনটির সূচন কম্পাংক বের করো। ৩
ঘ. ইলেকট্রনটির পরমাণুর কোন শক্তিস্তরে অবস্থান করছে? উদ্দীপকের আলোকে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক $\frac{h}{m_0c}$ কে কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে।

খ কোয়ান্টাম তত্ত্বানুযায়ী একটি ফোটনের সাথে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রনের সংঘর্ষ হয় এবং ইলেকট্রন তার গৃহীত শক্তির ভাগ অন্যান্য ইলেকট্রনকে দেয় না। সুতরাং এই সংঘর্ষে শক্তি সংরক্ষিত থাকে এবং একে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে শক্তির তাৎক্ষণিক হস্তান্তর হয় বলে আলোক রশ্মির আপতন ও ইলেকট্রন নির্গমন এই দুইয়ের মাঝে কোন কাল বিলম্বন ঘটে না। সুতরাং ফটোতড়িৎ প্রক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা।

গ আইনস্টাইনের সূত্র হতে,

$12eV = hf - hf_0$

বা, $hf_0 = hf - 12eV$

বা, $f_0 = f - \frac{12\ eV}{h}$

বা, $f_0 = 4 \times 10^{15} - \frac{12 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$

$\therefore\ f_0 = 1.104 \times 10^{15}$ Hz **(Ans.)**

এখানে,
কোণ, $\theta = 45°$
কম্পাঙ্ক, $f = 4 \times 10^{15}$
সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = ?$

ঘ ইলেকট্রনের শক্তি,

$E = -\frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0^2}$

বা, $|E| = \frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0^2}$

বা, $|E| = \frac{1}{n^2} \times 13.6$ eV

বা, $n^2 = \frac{13.6\ eV}{12\ eV}$

বা, $n^2 = 1.13$

বা, $n = 1.06$

বা, $n \approx 1$

এখানে,
ইলেকট্রনের বন্ধনশক্তি $= 12$ eV
$= 12 \times 1.6 \times 10^{-19}$J
$= 1.92 \times 10^{-18}$J

ইলেকট্রন প্রথম শক্তিস্তরে রয়েছে।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ A ও B ধাতুদ্বয়ের কার্য অপেক্ষক যথাক্রমে 5eV ও 3.5eV। ধাতুদ্বয়ের পৃষ্ঠের উপর আলাদাভাবে যথাক্রমে 2250Å ও 4000Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয়। *[ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ, ঢাকা]*

ক. কম্পটন ক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. যে কোনো কম্পাঙ্কের আলো ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সৃষ্টি করতে পারে কী? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A ধাতুর নির্গত ইলেকট্রনের শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উভয় ধাতুর ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভবের মান এক হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি শক্তিশালী ফোটনের সাথে মুক্ত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ ঘটলে ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে কিছু শক্তি প্রদান করে। এতে বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি হওয়াকেই কম্পটন ক্রিয়া বলে।

খ যেকোনো কম্পাঙ্কের আলো ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সৃষ্টি হতে পারে না। আলো বা যেকোনো তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের শক্তি এর কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক। ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে হলে সংশ্লিষ্ট আলো বা বিকিরণের ন্যূনতম একটি কম্পাঙ্ক বা শক্তি থাকতে হবে। এই কম্পাঙ্ককে সূচন কম্পাঙ্ক বলে। এর চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট ফোটন আপতিত হলে কোনো ইলেকট্রনই অবমুক্ত হবে না। আর এর চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের ফোটন আপতিত হলে অতিরিক্ত শক্তি মুক্ত ইলেকট্রনের গতিশক্তি হিসেবে দেখা দিবে।

গ দেওয়া আছে,

A ধাতুর কার্য অপেক্ষক, $W_0 = 5eV = 5 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J এর ওপর আপতিত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2250Å = 2250 \times 10^{-10}$m

জানা আছে, প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

বের করতে হবে, A ধাতুর নির্গত ইলেকট্রনের শক্তি, $\frac{1}{2}mv^2_{max} = ?$

ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পর্কিত আইনস্টাইনের সমীকরণ হতে

$h = \frac{c}{\lambda} = W_0 + \frac{1}{2}mv^2_{max}$

$\therefore \frac{1}{2}mv^2_{max} = h\frac{c}{\lambda} - W_0$

$= 6.63 \times 10^{-34}$ Js $\times \frac{3 \times 10^8\ ms^{-1}}{2250 \times 10^{-10}m} - 5 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$= 8.4 \times 10^{-20}$ J $= \frac{8.4 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}}$ eV

$= 0.525$ eV **(Ans.)**

ঘ A ধাতুর ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব, V_A হলে, $eV_A = \frac{1}{2}mv^2_{max}$

বা, $V_A = \frac{0.525\ eV}{e}$

$= 0.525V$

B ধাতুর ক্ষেত্রে অবমুক্ত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,

$\frac{1}{2}mv^2_{max}$

$= h\frac{c}{\lambda} - W_0$

এখানে,
$W_0 = 3.5$ eV

$= 6.63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{4000 \times 10^{-10}} - 3.5 \times 1.6 \times 10^{-19}$

$= -6.275 \times 10^{-20}$ J

$\frac{1}{2}mv^2_{max}$ এর এই ঋণাত্মক মান এটাই নির্দেশ করে যে, B ধাতুর ক্ষেত্রে কোনো ইলেকট্রন অবমুক্ত হবে না।

অর্থাৎ B ধাতুর নিবৃত্তি বিভব = 0V

সুতরাং, উভয় ধাতুর ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভবের মান এক হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ একটি কাল্পনিক চলমান গাড়ীর ভর 100kg এবং দৈর্ঘ্য নিশ্চল দৈর্ঘ্যের 25%। *[লায়ন্স স্কুল এন্ড কলেজ, রংপুর]*

ক. রেকটিফায়ার কি? ১
খ. অর্ধায়ু ও ক্ষয় ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করো। ২
গ. উদ্দীপক হতে কাল্পনিক গাড়িটির বেগ নির্ণয় কর? ৩
ঘ. গাড়িটি থেমে গেলে বস্তুটির ভরের কোনো পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্রের সাহায্যে এসি তড়িৎপ্রবাহকে ডিসি তড়িৎপ্রবাহে পরিণত করা যায় অর্থাৎ তড়িৎপ্রবাহ একমুখী করা যায়, তাকে রেকটিফায়ার বলে।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।
আমরা জানি, $N = N_0e^{-\lambda t}$

যদি অর্ধায়ু T হয় তাহলে t = T সময় পর, $N = \frac{N_0}{2}$

$\therefore \frac{N_0}{2} = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$

বা, $\log_e\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda T$ বা, $\log_e 1 - \log_e 2 = -\lambda T$

বা, $-\log_e 2 = -\lambda T$ $[\because \log_e 1 = 0]$

$\therefore T = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$

গ দেওয়া আছে,
নিশ্চল দৈর্ঘ্য L_o হলে গতিশীল দৈর্ঘ্য, $L = L_o \times 25\% = \frac{L_o}{4}$

জানা আছে, শূন্যস্থানে আলোর গতিবেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
বের করতে হবে, কাল্পনিক ট্রেনটির গতিবেগ, v = ?

আমরা জানি, $L = L_o\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{L}{L_o}\right)^2$

বা, $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{L}{L_o}\right)^2$ বা, $v = c\sqrt{1 - \left(\frac{L}{L_o}\right)^2}$

$\therefore v = 3 \times 10^8\ ms^{-1} \times \sqrt{1 - \left(\frac{\frac{L_o}{4}}{L_o}\right)^2} = 2.90 \times 10^8\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকমতে, বস্তুটির চলমান ভর, m = 100 kg
এবং 'গ' অংশ হতে, গাড়িটির তথা ঐ বস্তুর গতিবেগ,
$v = 2.90 \times 10^8\ ms^{-1}$

$\therefore$ বস্তুটির নিশ্চল ভর m_o হলে। $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$\therefore m_o = m\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$= 100\ kg \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.90 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}$

$= 25.60\ kg$

$\therefore m_o \neq m$
অর্থাৎ নিশ্চল ভর ≠ চলমান ভর
সুতরাং, গাড়িটি থেমে গেলে বস্তুটির ভরের পরিবর্তন ঘটবে এবং হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ একটি ইলেকট্রন 0.80c বেগে গতিশীল স্থির ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31}kg। *[বি এ এফ শাহীন কলেজ, শমসেরনগর]*

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১
খ. ফটো তড়িৎ ক্রিয়া আলোচনা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ইলেকট্রনের শক্তি কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের ইলেকট্রনের বেগ 0.90c হলে মোট শক্তি স্থিতিশক্তির দ্বিগুণ হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি যখন কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয় তখন ধাতব পৃষ্ঠের ইলেকট্রন আলোক রশ্মি থেকে শক্তি গ্রহণ করে। যখনই ইলেকট্রন দ্বারা গৃহীত শক্তি ধাতব পৃষ্ঠে তার বন্ধন শক্তির চেয়ে বেশি হয়, তখনই ইলেকট্রন ধাতব পৃষ্ঠ থেকে বেরিয়ে আসে। আলোকের প্রভাবে ইলেকট্রন নির্গত হয় বলে এ ঘটনাকে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বলে।

গ ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.11 \times 10^{-31}$ kg
$\therefore$ ইলেকট্রনের শক্তি, E = ?
ইলেকট্রনের বেগ, v = 0.8c এবং এই বেগে ইলেকট্রনের পরিমাপকৃত ভর m হলে,
$E = mc^2$

$= \frac{m_oc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}}$

$\therefore E = 1.3665 \times 10^{-13}J$
$= 8.54 \times 10^5\ eV = 0.854\ MeV$ **(Ans.)**

ঘ ইলেকট্রনের নিশ্চল শক্তি E_0 এবং বেগ $v' = 0.9c$ অবস্থায় শক্তি E' হলে,
$E_0 = m_0c^2$

এবং $E' = \frac{m_oc^2}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}}$

বা, $\frac{E'}{E_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}}$

$= \frac{1}{\sqrt{1 - (0.9)^2}}$

$= 2.3$

$\therefore E' = 2.3\ E_0$
অতএব, ইলেকট্রনের বেগ 0.9c করা হলে এর মোট শক্তি নিশ্চল শক্তির 2 গুণেরও বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭০ একটি ইলেকট্রনের পরমাণুর অভ্যন্তরে অবস্থানের অনিশ্চয়তা 0.0100 nm। *[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ, ঝালকাঠি]*

ক. আপেক্ষিকতা তত্ত্বের দ্বিতীয় স্বীকার্যটি কি? ১
খ. একই গতিশক্তি সম্পন্ন প্রোটন ও ইলেকট্রনের মধ্যে ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে বেশী কেন? ২
গ. অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের মান কত? ৩
ঘ. অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ণয় করা সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শূন্যস্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর দ্রুতি c এর মান একই।

খ মনে করি, প্রোটন ও ইলেকট্রনের বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 এবং এদের ভর যথাক্রমে m_1 ও m_2 ($m_1 >> m_2$)

তাহলে এদের গতিশক্তি যথাক্রমে, $E_{k1} = \frac{1}{2}m_1v_1^2$ এবং

$E_{k2} = \frac{1}{2}m_2v_2^2$.

প্রশ্নমতে, $E_{k_1} = E_{k_2}$ বা, $\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2$.

বা, $\frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$

বা, $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$

তাহলে এদের ভরবেগের অনুপাত $\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1v_1}{m_2v_2} = \frac{m_1}{m_2}\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$

$= \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} > 1$ $(\because m_2 << m_1)$

বা, $p_1 > p_2$; অর্থাৎ প্রোটনের ভরবেগ ইলেকট্রনের ভরবেগের তুলনায় বেশি। আবার ডিব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_d = \frac{h}{p}$; এ সূত্রানুসারে ইলেকট্রনের ভরবেগ কম হওয়ায় এর ডিব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি।

গ দেওয়া আছে,

ইলেকট্রনের অবস্থানের অনিশ্চয়তা, $\Delta x = 0.0100\ nm = 1 \times 10^{-11} m$

অনিশ্চয়তার নীতি অনুসারে, $\Delta x\ \Delta p \geq \frac{1}{2} \times \hbar$

বা, $\Delta x\ \Delta p \geq \frac{1}{2} \times \frac{h}{2\pi}$ $\left[\because \hbar = \frac{h}{2\pi}\right]$

বা, $\Delta p \geq \frac{h}{\Delta x\ 4\pi}$

$\therefore\ \Delta P \approx \frac{6.63 \times 10^{-34}\ J-s}{1 \times 10^{-11}\ m \times 4 \times 3.1416}$

$= 5.28 \times 10^{-24}\ kgms^{-1}$

এখানে, $\Delta p = mv = 5.28 \times 10^{-24}\ kgms^{-1}$

এখানে,

ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = \frac{h}{\Delta p}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34}\ Js}{5.28 \times 10^{-24}\ kgms^{-1}}$

$= 1.255 \times 10^{-10}\ m$

$\therefore$ অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের ডি- ব্রগলি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $= 1.255 \times 10^{-10}\ m$

ঘ দেওয়া আছে,

ইলেকট্রনের অবস্থানের অনিশ্চয়তা, $\Delta x = 0.0100\ nm$

$= 1 \times 10^{-11} m$

অনিশ্চয়তার নীতি অনুসারে, $\Delta x\ \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$

বা, $\Delta x\ \Delta p \geq \frac{1}{2} \times \frac{h}{2\pi}$

বা, $\Delta p \geq \frac{h}{4\pi\ \Delta x}$

$\approx \frac{6.63 \times 10^{-34}\ Js}{4 \times 3.1416 \times 1 \times 10^{-11} m} = 5.28 \times 10^{-24} kg\ ms^{-1}$

এখানে,

$\Delta p = mv = 5.28 \times 10^{-24}\ kgms^{-1}$

বা, $v = \frac{5.28 \times 10^{-24}}{9.1 \times 10^{-31}}\ ms^{-1}$

$= 5.8 \times 10^{6}\ ms^{-1}$

$\therefore$ ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

$= \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (5.8 \times 10^{6})^2$

$= 1.53 \times 10^{-17}\ J$

অতএব, অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ণয় সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৭১ সমত্বরণে গতিশীল 100m দৈর্ঘ্যের একটি মহাকাশযান পৃথিবীর থেকে মঙ্গল গ্রহের দিকে যাচ্ছিল। পৃথিবী থেকে কোনো এক মুহূর্তে মহাকাশযানটির দৈর্ঘ্য পরিমাপ করে 90m পাওয়া গেল।

[কুড়িগ্রাম সরকারি কলেজ, কুড়িগ্রাম]

ক. amu বলতে কী বোঝ? ১

খ. আলোর বেগে গতিশীল কণার নিশ্চল ভর কত-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তথ্যাণুসারে দৈর্ঘ্য পরিমাপের সময় মহাকাশযানটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আপেক্ষিকতা তত্ত্বাণুসারে যানটির ভরের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্বন-12 আইসোটোপ এর পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশকে এক পারমাণবিক ভর (atomic mass unit বা a. m. u) ধরা হয়।

amu $= 1.66057 \times 10^{-27}$ kg

খ m_0 নিশ্চল ভরবিশিষ্ট কোন বস্তুর গতিশীল অবস্থায় মোট শক্তি,

$E = \sqrt{P^2c^2 + m_0^2c^4}$

$\therefore E^2 = m_0^2c^4 + P^2c^2$

আবার, দ্য ব্রগলীর কণা-তরঙ্গ সমীকরণ থেকে পাই, $P = \frac{h}{\lambda}$; $\lambda = \frac{v_p}{\nu}$; যেখানে v_p হলো তরঙ্গ বেগ এবং ν হলো কম্পাংক। আলোর ক্ষেত্রে $\lambda = \frac{c}{\nu}$

$\therefore P = \frac{h\nu}{c} = \frac{E}{c}$

$\therefore E^2 = m_0^2c^4 + \frac{E^2}{c^2} . c^2$

$\therefore m_0 = 0$

অতএব, আলোর বেগে গতিশীল কোন কণার নিশ্চল ভর অবশ্যই শূন্য হবে।

গ এখানে,

নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100m$

চলমান দৈর্ঘ্য, $L = 90m$

আলার বেগ, $C = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

মহাকাশযানটির বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{L}{L_0}\right)^2$

বা, $v^2 = 1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2 \times c^2$

বা, $v = c\sqrt{1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2}$

$\therefore\ v = 1.31 \times 10^8\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ মনে করি,

যানটির নিশ্চল ভর $= m_0$

চলমান ভর $= m$

যানটির বেগ, $v = 1.31 \times 10^8\ ms^{-1}$ [গ থেকে প্রাপ্ত]

আমরা জানি,

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $\frac{m_0}{m} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.31 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}$

বা, $\frac{m_0}{m} = 0.9$

বা, $\frac{m}{m_0} = \frac{1}{0.9}$

বা, $\frac{m - m_0}{m_0} \times 100\% = \frac{1 - 0.9}{1} \times 10\% = 10\%$

অতএব, গতিশীল অবস্থায় বস্তুটির ভর 10% বৃদ্ধি পাবে।

অষ্টম অধ্যায় : আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

২৪৮. আপেক্ষিক তত্ত্ব প্রদান করেন কোন বিজ্ঞানী? (জ্ঞান)
ক ম্যাক্স প্লাঙ্ক খ আলবার্ট আইনস্টাইন
গ গ্যালিলিও গ্যালিলি ঘ আইজ্যাক নিউটন — খ

২৪৯. ভর-শক্তি সম্পর্কে কে সূত্র প্রদান করেন? (জ্ঞান)
ক ম্যাক্স প্লাঙ্ক
খ আলবার্ট আইনস্টাইন
গ গ্যালিলিও গ্যালিলি
ঘ আইজ্যাক নিউটন — খ

২৫০. আলোক বর্ষ কীসের একক? (জ্ঞান)
ক দ্রুতির খ দূরত্বের
গ সময়ের ঘ কম্পাংকের — খ

২৫১. লরেঞ্জ রূপান্তরের ফলে বস্তুর কোনটির পরিবর্তন হয় না? (জ্ঞান)
ক বেগের খ মাত্রার
গ ত্বরনের ঘ ভরের — খ

২৫২. গ্যালিলীয় রূপান্তরে কয়টি সমীকরণ বিদ্যমান? (জ্ঞান)
ক 1 খ 2
গ 3 ঘ 4 — ঘ

২৫৩. একটি মেসন কণার গড় আয়ু $3\times10^{-8}ms^{-1}$। কণাটি 0.85c বেগে গতিশীল হলে এর গড় আয়ু কত? [আব্দুল কাদির মোল্লা কলেজ, নরসিংদী] (প্রয়োগ)
ক 6.32×10^{-8}sec খ 6.02×10^{-8}sec
গ 5.62×10^{-8}sec ঘ 5.02×10^{-8}sec — গ

২৫৪. 0.6c বেগে চলমান ট্রেন 200m দৈর্ঘ্যের একটি প্লাটফর্ম অতিক্রম করে গেলে ট্রেনের যাত্রীর কাছে প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্য কত মনে হবে? [আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (প্রয়োগ)
ক 200 m খ 250 m
গ 160 m ঘ 300 m — গ

২৫৫. একটি সেকেন্ড দোলক 0.7c বেগে গতিশীল অবস্থায় রাখা আছে। পৃথিবীতে অবস্থিত পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ দোলকের দোলনকাল কত? (প্রয়োগ)
ক 2.0sec খ 2.5sec
গ 2.7sec ঘ 2.8sec — ঘ

২৫৬. ভূপৃষ্ঠ থেকে 100m দৈর্ঘ্যের একটি রকেট $2\times10^{8}ms^{-1}$ সমবেগে গতিশীল থাকলে, এ অবস্থায় রকেটের দৈর্ঘ্য কত? (প্রয়োগ)
ক 78.47m খ 76.74m
গ 75.55m ঘ 74.53m — ঘ

২৫৭. স্থিরাবস্থায় একটি বস্তু কণার ভর 10^{-24}kg। কণাটি $18\times10^{7}ms^{-1}$ বেগে গতিশীল থাকলে ঐ অবস্থায় এর ভর কত? (প্রয়োগ)
ক 1.25×10^{-24}kg খ 1.25×10^{24}kg
গ 1.25×10^{-24}kg ঘ 1.25×10^{-15}kg — ক

২৫৮. কোনো বস্তুকণার মোট শক্তি স্থিতাবস্থায় শক্তির কতগুণ হলে এর দ্রুতি $2.24\times10^{8}ms^{-1}$ হবে? (প্রয়োগ)
ক 0.67 গুণ খ 1.5 গুণ
গ 2.67 গুণ ঘ 3.67 গুণ — খ

২৫৯. $\frac{c}{\sqrt{2}}$ গতিবেগের একটি প্রোটনের গতিশক্তি = $0.414m_0c^2$ এর ভরবেগ কত? (প্রয়োগ)
ক m_0c খ $\sqrt{2}\,m_0c$
গ $\sqrt{3}\,m_0c$ ঘ $2m_0c$ — ক

২৬০. দুর্বল নিউক্লীয় বলের পাল্লা কত? (জ্ঞান)
ক 10^{-14}m খ 10^{-15}m
গ 10^{-16}m ঘ 10^{-17}m — গ

২৬১. কোন বিজ্ঞানী বিকীর্ণ বর্ণালীর শক্তি বন্টন সম্পর্কে একটি সূত্র প্রদান করেন? (জ্ঞান)
ক বাদার ফোর্ড খ ম্যাক্সওয়েল
গ হাইজেনবার্গ ঘ ভীন — ঘ

২৬২. h কী নামে পরিচিত? [আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক প্লাঙ্ক ধ্রুবক খ প্লাঙ্ক ধ্রুবক
গ কম্পটন ধ্রুবক ঘ ডি ব্রগলি ধ্রুবক — ক

২৬৩. প্লাঙ্কের ধ্রুবকের মান কত? (প্রয়োগ)
ক 6.36×10^{-37}J-sec খ 6.36×10^{-34}J-sec
গ 6.66×10^{-37}J-sec ঘ 6.63×10^{-34}J-sec — ঘ

২৬৪. একটি ফোটনের শক্তি 1.77 eV. ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। [যেখানে, প্লাঙ্কের ধ্রুবক $= 6.63\times10^{-34}$J-Sec] (প্রয়োগ)
ক 7.02 Å খ 7.02×10^{-7}cm
গ 7.02×10^{-7}m ঘ 3.5×10^{-10}cm — গ

২৬৫. এক আলোক বর্ষে কত কিলোমিটার? [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া; আব্দুল কাদের মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (জ্ঞান)
ক 9.4×10^{15}km খ 9.4×10^{12}km
গ 9.4×10^{9}km ঘ 9.4×10^{8}km — খ

২৬৬. সোডিয়ামের সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 6800Å এর কার্য অপেক্ষক কত? (প্রয়োগ)
ক 1.6×10^{-19}J খ 2.93×10^{-19}J
গ 3.92×10^{-19}J ঘ 3.6×10^{-19}J — খ

২৬৭. $E = h\upsilon$ সূত্রটি প্রদান করেন— (জ্ঞান)
ক ফ্যারাডে খ আইনস্টাইন
গ প্লাংক ঘ নিউটন — গ

২৬৮. জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে— (অনুধাবন)
i. স্থির বস্তু স্থির থাকে
ii. গতিশীল বস্তু সমবেগে গতিশীল থাকে
iii. বাহ্যিক বল অনুপস্থিত থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

২৬৯. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে গতিশীল হলে কোনো স্থির কাঠামোর সাপেক্ষে তার— (অনুধাবন)
i. ভর অসীম হবে ii. দৈর্ঘ্য অসীম হবে
iii. সময় অসীম হবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **খ**

২৭০. In m দৈর্ঘ্যের একটি নভোযান 55 kg ভরের যাত্রী নিয়ে 0.9c বেগে মহাকাশে গতিশীল হলে — (উচ্চতর দক্ষতা)
i. নভোযানে ঘড়ি আস্তে চলবে
ii. পৃথিবী হতে নভোযানের দৈর্ঘ্য মনে 43.59 m হবে
iii. যাত্রীর গতিশীল ভর 126 kg হবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

২৭১. 5g ভরের সমতুল্য শক্তি — (অনুধাবন)
i. 4.5×10^{14} J
ii. 2.8125×10^{30} eV
iii. 2.8125×10^{27} MeV
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **গ**

২৭২. তাড়িত চৌম্বক বল— (অনুধাবন)
i. নিউট্রন ও প্রোটনের মধ্যে বিদ্যমান
ii. মাঝারি ধরনের বল
iii. অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **গ**

২৭৩. কৃষ্ণবস্তুর তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে—(অনুধাবন)
i. 850K তাপমাত্রায় লাল বর্ণ ধারণ করে
ii. 3000 K তাপমাত্রায় সাদা বর্ণ ধারণ করে
iii. 850 K এর কম তাপমাত্রায় হলুদ বর্ণ ধারণ করে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ক**

২৭৪. X-ray হলো— (অনুধাবন)
i. তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ
ii. 10^{-12}m থেকে 10^{-8} সীমার তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট তরঙ্গ
iii. তেজস্ক্রিয় ঘটনায় নিঃসরিত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **ক**

২৭৫. এক্সরে প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. জিঙ্ক সালফাইডের
ii. থোরিয়াম সালফাইডে
iii. বেরিয়াম প্লাটিনোসায়ানাইডে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

উদ্দীপকটি পড়ে ২৭৬ ও ২৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।
তোমার বন্ধুর ভর 'x' কেজি। তুমি ভূপৃষ্ঠে অবস্থানকালে তার ভর তোমার কাছে 101 কেজি মনে হয়, যখন সে $4.2\times10^7 ms^{-1}$ বেগে মহাকাশযানে উঠে চলছে।

২৭৬. x = ? (প্রয়োগ)
ক 100 খ 101
গ 102 ঘ 103 **ক**

২৭৭. তোমার বন্ধুর ভর— (অনুধাবন)
i. তোমার দৃষ্টিতে বেড়ে গেছে
ii. তার দৃষ্টিতে স্বাভাবিক রয়ে গেছে
iii. উভয়ের দৃষ্টিতে বেড়ে গেছে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ক**

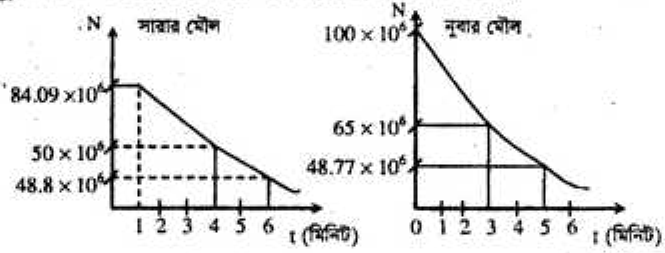
অনুচ্ছেদটি পড়ে ২৭৮ ও ২৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
4000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো কোন ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে যে ইলেকট্রন নির্গত হয় তার সর্বোচ্চ গতিশক্তির মান 0.4 eV.

২৭৮. ধাতব পৃষ্ঠের উপর আপতিত ফোটনের শক্তি কত? [নওয়াব ফজয়জুন্নেছা সরকারি কলেজ, কুমিল্লা] (প্রয়োগ)
ক 3.1×10^{-6} eV খ 3.1×10^{-4} eV
গ 3.1×10^{-2} eV ঘ 3.1 eV **ঘ**

২৭৯. ঐ ধাতুর কার্য অপেক্ষক কত? [নওয়াব ফজয়জুন্নেছা সরকারি কলেজ, কুমিল্লা] (প্রয়োগ)
ক 2.708 eV খ 3.7078 eV
গ 3.9078 eV ঘ 4.3078 eV **ক**

অধ্যায়-৯: পরমাণু মডেল ও নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

প্রশ্ন ▶ ১ সারা ও নুবা দুই খণ্ড তেজস্ক্রিয় মৌল নিয়ে গবেষণা করছিল। তারা একই সময়ে গণনা শুরু করে। তাদের দু'জনের অক্ষত পরমাণু বনাম সময়ের লেখচিত্র নিম্নে দেখানো হলো:



[ঢা. বো. ২০১৭]

ক. ভর ত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. X-রশ্মি ও γ-রশ্মির উৎপত্তিস্থল কী? ২

গ. গ্রাফ থেকে ডাটা ব্যবহার করে নুবার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কার মৌল আগে ভেঙে যাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়নগুলো মিলিত হয়ে নিউক্লিয়াস গঠনের সময় কিছুটা ভর অদৃশ্য হয়। একে ভর ত্রুটি বলে।

খ X রশ্মি হলো দ্রুত গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন কোনো শক্ত ধাতুতে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদনক্ষমতা সম্পন্ন নির্গত বিকিরণ। আবার, γ রশ্মি হলো তেজস্ক্রিয় মৌল হতে নির্গত বিকিরণ। সুতরাং, X রশ্মির উৎপত্তিস্থল হলো উচ্চ গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন দ্বারা আঘাতপ্রাপ্ত ধাতব পাত এবং γ রশ্মির উৎপত্তিস্থল তেজস্ক্রিয় মৌলের নিউক্লিয়াস।

গ উদ্দীপকের গ্রাফ থেকে দেখা যায়,
নুবার মৌলের আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_0 = 100 \times 10^6$
$t = 5$ মিনিট পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N = 48.77 \times 10^6$
বের করতে হবে, নুবার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = ?$
আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } ln\left(\frac{48.77 \times 10^6}{100 \times 10^6}\right) = -\lambda \times 5$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{ln\left(\frac{48.77}{100}\right)}{-5}$$

$$\therefore \lambda = 0.144 \text{ min}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ "গ" অংশ হতে পাই,
নুবার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = 0.144 \text{ min}^{-1}$
উদ্দীপকের গ্রাফ থেকে পাই,
সারার মৌলের আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_0' = 84.09 \times 10^6$
$t' = 6$ মিনিট পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N' = 48.8 \times 10^6$
সারার মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক λ' হলে,

$$\lambda' = \frac{ln\left(\frac{N'}{N_0'}\right)}{-t'}$$

$$= \frac{ln\left(\frac{48.8 \times 10^6}{84.09 \times 10^6}\right)}{-5}$$

$$= 0.1088 \text{ min}^{-1}$$

অতএব, নুবার মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক, λ > সারার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক, λ'
অর্থাৎ, একটি নির্দিষ্ট অংশ ভাঙার ক্ষেত্রে নুবার মৌলটি আগে ভাঙবে।
আবার ধরা যাক উভয় ক্ষেত্রে অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা শূন্য।
সারার ক্ষেত্রে,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } 0 = N_0 e^{-\lambda t}$$

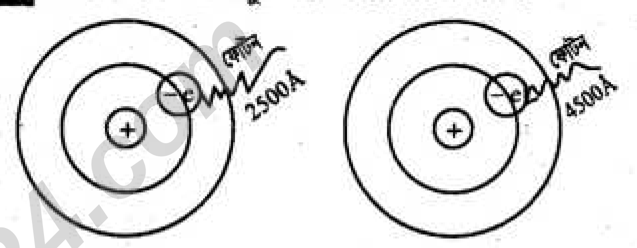
$$\text{বা, } e^{-\lambda t} = 0$$

$$\text{বা, } -\lambda t = ln(0) = \infty$$

$$\text{বা, } t = \infty$$

অর্থাৎ, সারার মৌলটি সম্পূর্ণ ভেঙে যেতে অসীম সময় লাগবে।
অনুরূপভাবে দেখানো যায় নুবার মৌলটিও সম্পূর্ণ ভাঙতে অসীম সময়ের প্রয়োজন।
সুতরাং, একটি নির্দিষ্ট অংশ ভাঙার ক্ষেত্রে নুবার মৌলটি আগে ভাঙলেও, সম্পূর্ণ অংশ ভাঙার জন্য উভয় মৌলেরই অসীম সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ২ উভয় চিত্রে পরমাণুর মডেল দেখানো হল ঃ-



চিত্র (i) চিত্র (ii)

[$h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s; $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ $C^2 N^{-1} m^{-2}$; $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C; $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg; H_2 পরমাণুর ভূমি অবস্থার শক্তি = −13.6 eV]

[ঢা. বো. ২০১৬]

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কী? ১

খ. 'কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের ওপর নির্ভরশীল'- ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র (i)-এ ইলেকট্রনটি যে কক্ষপথে অবস্থিত তার ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কোন চিত্রে ইলেকট্রনের কক্ষচ্যুতি ঘটবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মন্তব্য কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায়, তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বা ফটো তড়িৎ ক্রিয়া বলে। কিন্তু প্রত্যেকটি ধাতব পৃষ্ঠের জন্য একটি সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ক আছে যা অপেক্ষা কম কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। এ সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ককে ঐ নির্দিষ্ট ধাতব পদার্থের জন্য সূচন কম্পাঙ্ক বলে। কোনো ধাতব পৃষ্ঠ থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার জন্য ঐ ধাতুর জন্য নির্দিষ্ট সূচন কম্পাঙ্কের বা তার চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের আলো আপতিত হতে হবে। সূচন কম্পাঙ্কের নিচে যেমন লাল আলোর তীব্রতা যতই বাড়ানো হোক না কেন তা পটাসিয়াম ধাতুর উপর পড়লে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না- ফলে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে না। সুতরাং বলা যায়, 'কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল'।

গ চিত্র (i) অনুসারে ইলেকট্রনটি প্রথম কক্ষপথে আছে। আমরা জানি, হাইড্রোজেন পরমাণুর n-তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,

$$r_n = \frac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi me^2}$$

এখানে, $n = 1$
$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J · s
কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, $r_n = r_1 = ?$

সুতরাং, প্রথম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,

$$r_1 = \frac{(1^2)(6.63\times10^{-34}\ J\cdot s)^2(8.85\times10^{-12}\ C^2\cdot N^{-1}\cdot m^{-2})}{(3.14)(9.1\times10^{-31}\ kg)(1.6\times10^{-19}\ C)^2}$$
$$= 0.53 \times 10^{-10}\ m = 0.53\ \text{Å}$$ **(Ans.)**

ঘ চিত্র (i)-এর আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$$\lambda = 2500\ \text{Å} = 2500 \times 10^{-10}\ m = 2.5 \times 10^{-7}\ m$$
সুতরাং আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক,
$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8\ m\cdot s^{-1}}{2.5\times10^{-7}\ m} = 1.2 \times 10^{15}\ Hz$$
আপতিত ফোটনের শক্তি,
$$E' = hf = 6.63 \times 10^{-34}\ J \cdot s \times 1.2 \times 10^{15}\ Hz$$
$$= 7.956 \times 10^{-19}\ J = 4.9725\ eV$$
চিত্র (ii)-এর আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$$\lambda = 4500\ \text{Å} = 4500 \times 10^{-10}\ m = 4.5 \times 10^{-7}\ m$$
সুতরাং আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক,
$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8\ m\cdot s^{-1}}{4.5\times10^{-7}\ m} = 0.667 \times 10^{15}\ Hz$$
আপতিত ফোটনের শক্তি,
$$E'' = hf = 6.63 \times 10^{-34}\ J \cdot s \times 0.667 \times 10^{15}\ Hz$$
$$= 4.42221 \times 10^{-19}\ J = 2.764\ eV$$
পরমাণুর ভূমি অবস্থা তথা প্রথম কক্ষ পথে ইলেকট্রনের শক্তি,
$$E_1 = -13.6\ eV$$
দ্বিতীয় কক্ষ পথে ইলেকট্রনের শক্তি, $E_2 = \frac{-13.6\ eV}{2^2} = -3.4\ eV$

সুতরাং প্রথম কক্ষপথ থেকে ইলেকট্রনকে কক্ষচ্যুত করতে সর্বনিম্ন প্রয়োজনীয় শক্তি, $E = E_2 - E_1 = -3.4\ eV - (-13.6\ eV) = 10.4\ eV$

উদ্দীপকের উভয় চিত্রেই আপতিত ফোটনের শক্তি প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শক্তি অপেক্ষা কম। সুতরাং কোনো চিত্রের ক্ষেত্রেই ইলেকট্রন কক্ষচ্যুত ঘটবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩ রাজা দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল A এবং B নিয়ে কাজ করছিলো। মৌলদ্বয়ের অর্ধায়ুর যোগফল 15 বছর। A এর অর্ধায়ু B এর দ্বিগুণ। *[চা. বো. ১৫]*

ক. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য কাকে বলে? ১
খ. ইলেকট্রনের কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.02468Å বলতে কী বুঝায়? ২
গ. A মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উভয় মৌলের 40% ক্ষয় হতে ভিন্ন সময় লাগে — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখন্ডের ওপর সর্বোচ্চ যে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণ আপতিত হলে ইলেকট্রন অবমুক্ত হয়, তাকে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে।

খ ইলেকট্রনের কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.02468Å বলতে বুঝায় ইলেকট্রনের সাথে কোনো ফোটনের সংঘর্ষ হলে এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বোচ্চ 0.02468Å পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

গ মনে করি, A ও B মৌলের অর্ধায়ু যথাক্রমে 2x ও x

$\therefore\ x + 2x = 15y\ \therefore\ x = \frac{15y}{3} = 5y$

$\therefore$ A এর অর্ধায়ু $= 2x = 2 \times 5y = 10y$

এবং ক্ষয় ধ্রুবক $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{10y} = 0.0693y^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,
A মৌলের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 10y$

$\therefore$ A মৌলের অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_A = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{10y} = 0.0693y^{-1}$

আবার,
B মৌলের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 5y$

$\therefore$ B মৌলের অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_B = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{5y} = 0.1386y^{-1}$

ধরি, মৌলদ্বয়ের প্রাথমিক পরমাণুর সংখ্যা N_0 এবং অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N। অতএব, $N = N_0$ এর $(100-40)\% = 60\%$। মৌলদ্বয়ের ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময়, t_A ও t_B হলে,

$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda_A t_A}$	$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda_B t_B}$
বা, $0.6 = e^{0.0693 \times t_A}$	বা, $0.6 = e^{0.1386 \times t_B}$
$\therefore t_A = 7.371y$	$\therefore t_B = 3.6856y$

যেহেতু $t_A > t_B$, সেহেতু উদ্দীপকের মৌলদ্বয়ের 40% ক্ষয় হতে A মৌলের অধিক সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ৪ ট্রিটিয়ামের অবক্ষয় ধ্রুবক $5.54 \times 10^{-2}y^{-1}$. *[রা. বো. ২০১৭]*

ক. শৃঙ্খল বিক্রিয়া কী? ১
খ. রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে কী বোঝায়? ২
গ. নমুনা ট্রিটিয়াম খণ্ডটির 70% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু অপেক্ষা গড় আয়ু বেশি— সত্যতা যাচাই করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শৃঙ্খল বিক্রিয়া হচ্ছে এমন একটি ধারাবাহিক প্রক্রিয়া যা একবার শুরু হলে তাকে চালিয়ে রাখার জন্য অতিরিক্ত কোনো শক্তির প্রয়োজন হয়না।

খ রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে বোঝায় নির্দিষ্ট সংখ্যাক রেডন পরমাণু ভেঙে ঠিক অর্ধেক হতে সময় লাগে 3.82 দিন। আরো 3.82 দিন পর ভেঙে হয় এক-চতুর্থাংশ।

গ উদ্দীপক হতে পাই,
অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 5.54 \times 10^{-2}\ y^{-1}$
ধরি, প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা $= N_0$
$\therefore$ অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N = N_0 \times (100-70)\%$
$$= N_0 \times 30\% = N_0 \times \frac{30}{100} = 0.3\ N_0$$
70% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় = t
আমরা জানি,
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$
বা, $0.3\ N_0 = N_0 e^{-\lambda t}$
বা, $ln\ (0.3) = -\lambda t$
বা, $t = \frac{-1.2}{-5.54 \times 10^{-2}} = 21.66$year **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,
অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 5.54 \times 10^{-2}\ y^{-1}$
অর্ধায়ু, $T_{1/2} = ?$
গড় আয়ু, $\tau_{av} = ?$

আমরা জানি,

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{5.54 \times 10^{-2}} = 12.50 \text{ year}$$

আবার,

$$\tau_{av} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5.54 \times 10^{-2}} = 18.05y$$

লক্ষ্যকরি, $\tau_{av} > T_{1/2}$

অতএব, উদ্দীপকে প্রদত্ত তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু অপেক্ষা গড় আয়ু বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৫ একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থে প্রারম্ভিক অবস্থায় 10^8 সংখ্যক পরমাণু আছে। এর অর্ধায়ু 2.70d। *[রা. বো. ২০১৬]*

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কী? ১

খ. কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান 10T বলতে কী বোঝায়? ২

গ. পদার্থটির গড় আয়ু কত? ৩

ঘ. প্রথম দিনে যত সংখ্যক পরমাণু ভেঙ্গে যাবে দ্বিতীয় দিনে তার চেয়ে কম সংখ্যক পরমাণু ভাঙবে—গাণিতিক যুক্তিসহ নিশ্চিত কর। ৪

৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্র অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান 10T বলতে বুঝায়:

i. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্ব বরাবর স্থাপিত কোনো তলের প্রতি $1m^2$ ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে 10Wb চৌম্বক ফ্লাক্স অতিক্রান্ত হবে।

ii. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের সাথে সমকোণে 1C চার্জ $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে তা 10N বল অনুভব করবে।

গ এখানে,

অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 2.70$ d

গড় আয়ু, $\tau = ?$

আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\therefore \lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{2.70} = 0.2567 \text{ d}^{-1}$$

আবার, $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.2567} = 3.8961$ days **(Ans.)**

ঘ এখানে,

প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা, $N_o = 10^8$

অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 2.70$ d

অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{2.70} = 0.2567 \text{ d}^{-1}$

t সময় পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N হলে,

t সময়ে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা,

$$\Delta N = N_o - N = N_o - N_o e^{-\lambda t} = N_o (1 - e^{-\lambda t})$$

∴ প্রথম দিনে যতগুলি পরমাণু ভেঙ্গে যাবে তার সংখ্যা,

$$\Delta N_1 = 10^8 (1 - e^{-0.2567 \times 1}) = 2.26 \times 10^7$$

প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা N_o, প্রথম দিন শেষে অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N এর সমান।

$$\therefore N = N_o e^{-\lambda t} = 10^8 \times e^{-0.2567 \times 1} = 0.774 \times 10^8$$

∴ দ্বিতীয় দিনে যতগুলি পরমাণু ভেঙ্গে যাবে তার সংখ্যা,

$$\Delta N_2 = 0.774 \times 10^8 (1 - e^{-0.2567 \times 1}) = 1.75 \times 10^7$$

এখানে, $1.75 \times 10^7 < 2.26 \times 10^7$

সুতরাং প্রথম দিনে যত সংখ্যক পরমাণু ভাঙ্গবে দ্বিতীয় দিনে তার চেয়ে কম সংখ্যক পরমাণু ভাঙ্গবে।

প্রশ্ন ▶ ৬

মৌল	প্রোটন সংখ্যা	ভর সংখ্যা	নিউক্লিয়াসের ভর a.m.u.	1 a.m.u. = 931 MeV
U	92	235	235.0439	প্রোটনের ভর, $m_p = 1.00728$ a.m.u.
C	6	12	12.00000	নিউট্রনের ভর, $m_n = 1.00876$ a.m.u
Fe	26	56	56.0000	আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$
He	2	4	4.00276	

[রা. বো. ১৫]

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. একক চার্জ দ্বারা সৃষ্ট তড়িৎক্ষেত্র সুষম হয় না কেন? ২

গ. ইউরেনিয়ামের ভরত্রুটি বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্য ব্যবহার করে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি বনাম ভরসংখ্যা লেখচিত্র অঙ্কন কর। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে চাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ একক চার্জের উপর তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর প্রাবল্য, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2}$

এখানে r হলো চার্জ হতে পরীক্ষাধীন বিন্দুর দূরত্ব। তড়িৎক্ষেত্রের বিভিন্ন অবস্থানের জন্য r -এর মান বিভিন্ন, তাই তড়িৎক্ষেত্রের বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন মানের তড়িৎপ্রাবল্য ও বলরেখাসমূহের বিভিন্ন ঘনত্বের প্যাটার্ন বিরাজ করে। এ সকল কারণেই একক চার্জ দ্বারা সৃষ্ট তড়িৎক্ষেত্র সুষম হয় না।

গ দেওয়া আছে,

ইউরেনিয়ামের প্রোটন সংখ্যা, Z = 92

নিউট্রন সংখ্যা, N = A – Z = 235 – 92 = 143

নিউক্লিয়াসের প্রকৃত ভর, M = 235.0439 amu

বের করতে হবে, ভর-ত্রুটি, M.D. = ?

আমরা জানি, $M.D = Zm_p + Nm_n - M$

$= 92 \times 1.00728 \text{ amu} + 143 \times 1.00876 \text{ amu} - 235.0439 \text{ amu}$

$= 1.87854$ amu **(Ans.)**

ঘ ইউরেনিয়ামের বন্ধন শক্তি $= 1.87854 \text{ amu} \times 931 \text{ MeV/amu} = 1749$ MeV

ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \frac{1749 \text{ MeV}}{235} = 7.442$ MeV

কার্বনের ভর-ত্রুটি $= 6 \times 1.00728 + 6 \times 1.00876 - 12 = 0.09624$ a.m.u

এবং বন্ধনশক্তি $= 0.09624 \text{ amu} \times 931 \text{ MeV/amu} = 89.6$ MeV

কার্বনের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \frac{89.6 \text{ MeV}}{12} = 7.466$ MeV

আয়রনের ভর ত্রুটি $= 26 \times 1.00728 + (56 - 26) \times 1.00876 - 56 = 0.452$ a. m. u

এবং বন্ধনশক্তি $= 0.452 \text{ a. m. u} \times 931 \text{ MeV/amu} = 420.81$ MeV

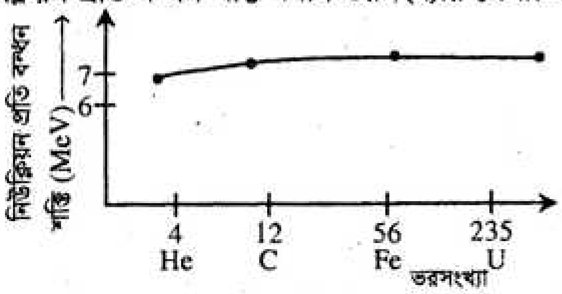
আয়রনের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \frac{420.81 \text{ MeV}}{56} = 7.5145$ MeV

হিলিয়ামের ভর ত্রুটি $= 2 \times 1.00728 + 2 \times 1.00876 - 4.00276 = 0.02932$ amu

এবং বন্ধন শক্তি $= 0.02932 \times 931 = 27.3$ MeV

নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \frac{27.3 \text{ MeV}}{4} = 6.82$ MeV

সুতরাং নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি বনাম ভরসংখ্যার লেখচিত্র নিম্নরূপ :



চিত্রে, পরমাণুর ভরসংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি ক্ষুদ্র হারে বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ▶ ৭ তেজস্ক্রিয় ট্রিটিয়াম পদার্থটি প্রকৃতিতে রেখে দিলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ক্ষয় হতে থাকে। এরূপ একখণ্ড ট্রিটিয়ামের অবক্ষয় ধ্রুবক $5.54 \times 10^{-2} y^{-1}$। *[দি. বো. ২০১৭]*

ক. ফিশন কী? ১

খ. তেজস্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের প্রদত্ত ট্রিটিয়ামের 64% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু অপেক্ষা গড় আয়ু বেশি— সত্যতা যাচাই করো। ৪

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিশেষ ধরনের নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙে প্রায় সমান ভর বিশিষ্ট দুটি নিউক্লিয়াসে বিভাজিত হয় তাকে ফিশন বলে।

খ তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে স্বতস্ফূর্তভাবে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ঘটনাই হল তেজস্ক্রিয়তা।

তেজস্ক্রিয়তার মূল কারণ কোনো পরমাণুর উচ্চ ভর এবং পারমাণবিক সংখ্যা। সাধারণত উচ্চ পারমাণবিক ভরবিশিষ্ট মৌলসমূহ অস্থিতিশীল হয়, এ অস্থিতিশীল মৌলসমূহ শক্তি বিকিরণ করে স্থিতিশীল অবস্থায়ে আসতে চায়। এই শক্তি বিকিরণই তেজস্ক্রিয়তা। কোনো মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা 82 এর চেয়ে বেশি হলে সেই মৌল তেজস্ক্রিয় হয়। তখন মৌলটি থেকে স্বতস্ফূর্তভাবে আলফা বা বিটা কণা নির্গত হয় এবং মৌলটি সম্পূর্ণরূপে অন্য মৌলে রূপান্তরিত না হওয়া পর্যন্ত এ ঘটনা চলতে থাকে।

গ 8(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 18.44 বছর।

ঘ 8(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶ ৮ এক খণ্ড রেডিয়ামে 6.023×10^{23} টি অক্ষত পরমাণু ছিল। এক বছর পরে দেখা গেল 6.000×10^{23} টি পরমাণু ভেঙ্গে গেছে। *[দি. বো. ২০১৬]*

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. রাদারফোর্ডের α-কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষায় কিছু α-কণা বেঁকে যাওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. রেডিয়াম মৌলটির অর্ধায়ু বের কর। ৩

ঘ. গাণিতিক যুক্তি দিয়ে দেখাও যে, পরবর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণু সংখ্যার বেশি হবে না। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয় কারণ বন্ধন গঠনে কিছু পরিমাণ ভর তথা শক্তি ব্যয় হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ রাদারফোর্ডের মতে পরমাণুর কেন্দ্রে রয়েছে নিউক্লিয়াস যেখানে সমস্ত ধনাত্মক আধান এবং ভর কেন্দ্রীভূত থাকে। এই নিউক্লিয়াসের চারদিকেই বিক্ষিপ্ত অবস্থায় রয়েছে ইলেকট্রন সমূহ। ধনাত্মক আধান যুক্ত অধিকাংশ α-কণা স্বর্ণপাতের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় প্রায় শূন্য জায়গার মধ্য দিয়ে সোজা পথে বের হয়ে যায়। যে সব α-কণা নিউক্লিয়াসের প্রায় কাছাকাছি আসবে তারা নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে হালকা বেঁকে যাবে। আর যে সব α-কণা নিউক্লিয়াসের দিকে মুখোমুখি হবে তারা বিকর্ষিত হয়ে ফিরে আসবে।

গ এখানে, রেডিয়ামের,

প্রাথমিক পরমাণুর সংখ্যা, $N_0 = 6.023 \times 10^{23}$টি

ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা $= 6.000 \times 10^{23}$টি

$\therefore$ অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N = (6.023 - 6.000) \times 10^{23}$টি $= 2.3 \times 10^{21}$টি

সময়, $t = 1y$

রেডিয়ামের অবক্ষয় ধ্রুবক λ হলে আমরা জানি,

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

বা, $\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

বা, $\lambda = \frac{\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right)}{-t}$

$$= \frac{\ell n\left(\frac{2.3 \times 10^{21}}{6.023 \times 10^{23}}\right)}{-1\ y}$$

$$= 5.568\ y^{-1}$$

আবার, আমরা জানি,

অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{5.568\ y^{-1}} = 0.124\ y$

অতএব, রেডিয়াম মৌলটির অর্ধায়ু 0.124 বছর **(Ans.)**

ঘ দ্বিতীয় বছরের শুরুতে অক্ষত পরমাণু সংখ্যা,

$N'_0 = 2.3 \times 10^{21}$টি

এ সময় থেকে 1 বছর পর পরমাণু সংখ্যা N′ হলে,

$N' = N'_0 e^{-\lambda t}$

$= 2.3 \times 10^{-21} e^{-5.568\ y^{-1} \times 1\ y}$

$= 8.78 \times 10^{18}$

এখানে, $\lambda = 5.568\ y^{-1}$

সুতরাং দ্বিতীয় বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণু সংখ্যা,

$N'_0 - N' = 2.3 \times 10^{21} - 8.78 \times 10^{18} = 2.29 \times 10^{21}$

এখানে, প্রথম এক বছরের তুলনায় পরবর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা কম।

অতএব, পরবর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী একবছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যার বেশি হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৯ সুমি একদিন নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরিতে 15 দিন পূর্বে কেনা রেডনের দুটি নমুনা নিয়ে কাজ করছিল। নমুনা দুটি যখন কেনা হয় তখন ১ম ও ২য় নমুনায় অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা ছিল যথাক্রমে 10^{12}টি ও 10^{10}টি। সে জানে রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক $0.181d^{-1}$। তার ধারণা ছিল গত 15 দিনে দুটি নমুনাতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়েছে। *[দি. বো. ১৫]*

ক. আলোর ব্যতিচার কী? ১

খ. সাদা আলো কাচ প্রিজমে প্রবেশ করলে বর্ণালী সৃষ্টি হয় কেন? ২

গ. প্রথম নমুনার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে দেখাও যে, সুমির ধারণা ভুল। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াকে আলোর ব্যতিচার বলে।

খ সাদা আলো সাতটি ভিন্ন রঙের আলোক রশ্মির সমন্বয়ে সৃষ্টি, তাই যখন সাদা আলো কোন প্রিজমের মধ্যে প্রবেশ করে তখন প্রতিসরণের ফলে রশ্মির গতিপথ বেঁকে যায়। প্রতিটি বর্ণের আলোক রশ্মির জন্য প্রিজমের প্রতিসরাংক ভিন্ন মানের। তাই এরা প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমন কালে ভিন্ন ভিন্ন কোণে বিচ্যুত হয়। এখন ভিন্ন ভিন্ন বর্ণের আলোর বাঁকার পরিমাণ ভিন্ন হওয়ার জন্য প্রিজমের মধ্যে সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিশ্লিষ্ট হয় এবং এই বিশ্লিষ্ট অবস্থায়ই প্রিজম থেকে নির্গত হয়। ফলে পর্দার ওপর আমরা বর্ণালী দেখতে পাই।

গ দেওয়া আছে,

রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 0.181\ d^{-1}$

বের করতে হবে, অর্ধায়ু, $T = ?$

আমরা জানি, $T = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{0.181\ d^{-1}} = 3.83$ day

অর্থাৎ 3.83 দিন পর রেডনের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হয়। **(Ans.)**

ঘ প্রদত্ত সময়কাল, t = 15 day

এ সময়কালে প্রথম নমুনায় ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যা

$= N_{01} - N_1 = N_{01} - N_{01}e^{-\lambda t} = N_{01}(1 - e^{-\lambda t})$

$= 10^{12} \times (1 - e^{-0.181d^{-1} \times 15d}) = 9.34 \times 10^{11}$

এবং দ্বিতীয় নমুনায় ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যা $= N_{02} - N_2$

$= N_{02} - N_{02}e^{-\lambda t} = N_{02}(1 - e^{-\lambda t})$

$= 10^{10}(1 - e^{-0.181d^{-1} \times 5d}) = 9.34 \times 10^{9}$

যেহেতু $9.34 \times 10^{11} \neq 9.34 \times 10^{9}$

সুতরাং গত 15 দিনে দুটি নমুনাতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়নি। অর্থাৎ সুমির ধারণা ভুল।

প্রশ্ন ▶১০ কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের বিভিন্ন সময়ে অক্ষত পরমাণু সংখ্যা নিচের ছকে দেয়া হল:

সময়, t (d)	0	8	t′	24
অক্ষত পরমাণু সংখ্যা, N	N_0	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{N_0}{3}$	$\frac{N_0}{8}$

/কু. বো. ২০১৭/

ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. x-অক্ষ বরাবর গতিশীল ইলেকট্রনের y-অক্ষ বরাবর অবস্থানের অনিশ্চয়তা কিরূপ হবে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় বস্তুটির অবক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের t′ এর মান তেজস্ক্রিয় বস্তুটির গড় আয়ু অপেক্ষা বেশি হবে কী না— গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর এর গঠনকারী উপাদানসমূহের মুক্তাবস্থায় ভরের যোগফলের চেয়ে কিছুটা কম হতে দেখা যায়। ভরের এই পার্থক্যকে ভর ত্রুটি বলে।

খ x অক্ষ বরাবর গতিশীল ইলেকট্রনের y- অক্ষ বরাবর অবস্থানের অনিশ্চয়তা হবে অসীম।

কেননা, x অক্ষ বরাবর ইলেকট্রন গতিশীল হলে y অক্ষ বরাবর ইলেকট্রনের ভরবেগের অনিশ্চয়তা, ΔPy = 0 এখন, y অক্ষ বরাবর ইলেকট্রনটির অবস্থানের অনিশ্চয়তা Δy হলে,

$\Delta y \times \Delta Py \geq \frac{\hbar}{2}$

$\therefore \Delta y \geq \frac{\hbar}{2} \times \frac{1}{\Delta P_y}$

যেহেতু $\Delta P_y = 0$; সেহেতু $\Delta_Y = \infty$ হবে।

গ দেওয়া আছে,

আদি পরমাণু সংখ্যা $= N_0$

t = 8d পর পরমাণু সংখ্যা $= \frac{N_0}{2}$

অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

জানা আছে,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$

বা, $ln(e^{-\lambda t}) = ln\frac{N_0}{2 \times N_0}$

বা, $-\lambda t = -0.693$

বা, $\lambda = \frac{-0.693}{-8}$

$\therefore \lambda = 0.0866\ d^{-1}$ **(Ans.)**

Note: সরাসরি $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$ সূত্র ব্যবহার করা যাবে।

ঘ দেওয়া আছে,

পদার্থের আদি পরমাণুর সংখ্যা $= N_0$

পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 0.0866\ d^{-1}$ ['গ' হতে]

অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N = \frac{N_0}{3}$

প্রয়োজনীয় সময়, $t' = ?$

জানা আছে,

$N = N_0 e^{-\lambda t'}$

বা, $-\lambda t' = ln\frac{N}{N_0}$

বা, $-0.0866t' = ln(1/3)$

বা, $t' = \frac{-1.0986}{-0.0866}$

$\therefore t' = 12.68$ d

আবার পদার্থটির গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

$= \frac{1}{0.0866d^{-1}}$

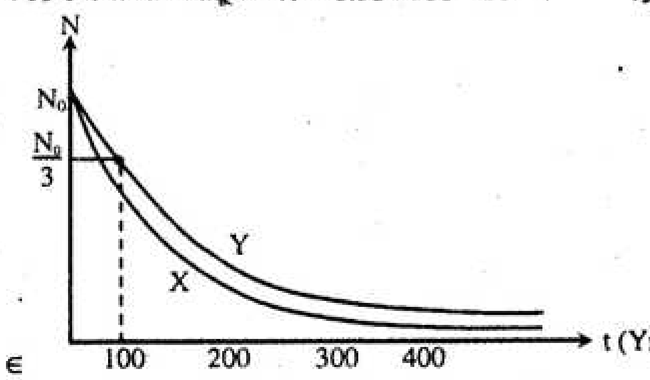
$= 11.54$ d

অর্থাৎ $\tau < t'$

তাই বলা যায়, উদ্দীপকের t′ এর মান তেজস্ক্রিয় বস্তুটির গড় আয়ু অপেক্ষা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶১১ দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ X ও Y এর পরমাণু সংখ্যা বনাম সময় গ্রাফ নিম্নরূপ।

যেখানে X মৌলটির ক্ষয়ধ্রুবক $\lambda = 6.93 \times 10^{-3}Yr^{-1}$। /কু. বো. ১৫/



ক. ভর ত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় ক্যাডমিয়াম দণ্ড ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. X মৌলটির অর্ধায়ু কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকটি অনুসারে X মৌলটির গড় আয়ু ও Y মৌলটির অর্ধায়ু এক হবে কীনা —— গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াসের ভর, নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোর মুক্তাবস্থার ভরের সমষ্টির চেয়ে কিছু কম থাকে। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ নিউক্লীয় ফিশন বিক্রিয়ায় ক্যাডিমিয়াম দন্ড ব্যবহার করা হয় বিক্রিয়ার গতি মন্থর করার জন্য। প্রতিটি ফিশন বিক্রিয়ায় তিনটি করে নিউট্রন অবমুক্ত হয়। ক্যাডিমিয়াম দন্ডের কাজ হলো এর মধ্যে দুটি নিউট্রন শোষণ করে বিক্রিয়ার গতি হ্রাস করা এবং নিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া ঘটানো।

গ ৯(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 144.3y

ঘ X মৌলটির গড় আয়ু $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{6.93 \times 10^{-3}\ yr^{-1}}$
$= 144.3\ yr$

Y মৌলটির ক্ষেত্রে,
অবক্ষয় ধ্রুবক λ হলে, $N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N_0}{3} = N_0e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{1}{3} = e^{-\lambda t}$

বা, $-\lambda t = \ln\left(\frac{1}{3}\right)$

$\therefore\ \lambda = \frac{-\ln 3}{-t} = \frac{-1.0986}{-100\ yr} = 0.010986\ yr^{-1}$

$\therefore$ Y মৌলটির অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{0.010986\ yr^{-1}}$
$= 63.08\ yr$

যেহেতু $144.3\ yr \neq 63.08\ yr$
সুতরাং X মৌলটির গড় আয়ু ও Y মৌলটির অর্ধায়ু এক হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১২ ${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow [{}_{92}U^{236}]^* \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92}$ + নিউট্রন + শক্তি এখানে, ${}_{92}U^{235} = 236.0526$ amu, ${}_{56}Ba^{141} = 140.9139$ amu, ${}_{36}Kr^{92} = 91.8973$amu ও ${}_0n^1 = 1.0087$ amu, $T_{\frac{1}{2}} = 450 \times 10^8 Y$.

/চ. বো. ২০১৭/

ক. নিউক্লিয়ন কী? ১
খ. পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঋণাত্মক হয়– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় কতটি নিউট্রন নির্গত হবে? ৩
ঘ. উপরের বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তির পরিমাণ কত? ৪

১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যেসব কণা থাকে বা নিউক্লিয়াস যেসব কণার সমন্বয়ে গঠিত তাদেরকে নিউক্লিয়ন বলে।

খ ইলেকট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল কাজ করে বলে ইলেকট্রন একটি নির্দিষ্ট কক্ষপথে আবদ্ধ থেকে নিউক্লিয়াসকে পরিভ্রমণ করে। আবদ্ধ ইলেকট্রনকে অসীম দূরত্বে সরানোর জন্য কিছু শক্তির প্রয়োজন তথা কিছু কাজ করতে হবে। এই কৃতকাজই ঐ ইলেকট্রনের বিভবশক্তি, V এবং কুলম্ব বল F হলে,

$\therefore\ V = -\int_r^{\infty} F.dr = \int \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot dr$

বা, $V = -\frac{e^2}{4\pi r}$



[∵ যেহেতু কাজ করতে হয় তাই (–)ve চিহ্ন দেওয়া হয়েছে]

আবার, কেন্দ্রমুখী বল, $\frac{mv^2}{r}$ = কুলম্ব বল, $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

বা, $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}$

$\therefore$ গতিশক্তি $T = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}$

$\therefore$ মোট যান্ত্রিক শক্তি, $E = V + T = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}$
$= -\frac{e}{8\pi\epsilon_0 r}$ যা ঋণাত্মক।

অতএব, পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট যান্ত্রিক শক্তি ঋণাত্মক।

গ দেওয়া আছে,
${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow [{}_{92}U^{236}]^* \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92}$ + নিউট্রন + শক্তি
যেহেতু এ বিক্রিয়ায় মোট প্রোটন সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয়নি, সেহেতু নিউট্রনের সংখ্যা হবে = (236 – 141 – 92) = 3
অর্থাৎ,
${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow [{}_{92}U^{236}]^* \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3{}_0n^1$ + শক্তি **(Ans.)**
উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় ৩টি নিউট্রন নির্গত হবে।

ঘ 'গ' হতে পাই,
${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow [{}_{92}U^{236}]^* \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3{}_0n^1$ + শক্তি
বিক্রিয়কের মোট ভর = ${}_{92}U^{236}$ এর ভর + ${}_0n^1$ এর ভর
= (236.0526 + 1.0087)a.m.u
= 237.0613 a.m.u
উৎপাদের মোট ভর = ${}_{56}Ba^{141}$ এর ভর + ${}_{36}Kr^{92}$ এর ভর + 3 × ${}_0n^1$ এর ভর
= 140.9139 + 91.8973 + 3 × 1.0087 a.m.u
= 235.8373
হারানো ভর, Δm = (237.0613 – 235.8378) a.m.u.
= 1.224 a.m.u
= $1.224 \times 1.6605 \times 10^{-27}$ kg
∴ মোট নির্গত শক্তি, $\Delta E = \Delta m \times c^2$
$= 1.224 \times 1.6605 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$ J
$= 1.83 \times 10^{-10}$ J
সুতরাং উপরের বিক্রিয়ায় নির্গত মোট শক্তির পরিমাণ 1.83×10^{-10} J

প্রশ্ন ▶ ১৩ A ও B দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল। এদের অর্ধায়ু যথাক্রমে 6 দিন ও 9 দিন।

/চ. বো. ২০১৬/

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে? ১
খ. ইলেকট্রনের তাপীয় নিঃসরণ ও ফটোতড়িৎ নিঃসরণের মধ্যে দুটি পার্থক্য উল্লেখ কর। ২
গ. B মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উভয় মৌলের 60% ক্ষয় হতে কোন মৌলটির অধিক সময় লাগবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে উচ্চ বেগে গতিশীল থাকার কারণে কোনো দণ্ডের দৈর্ঘ্য সংকুচিত হওয়ার ঘটনাকে দৈর্ঘ্য সংকোচন বলে।

খ ইলেকট্রনের তাপীয় নিঃসরণ ও ফটোতড়িৎ নিঃসরণের মধ্যে দুটি পার্থক্য নিচে উল্লেখ করা হলো :

(i) ফটোতড়িৎ নিঃসরণের জন্য যথোপযুক্ত কম্পাংক বিশিষ্ট আলোক রশ্মির প্রয়োজন। ইলেকট্রনের তাপীয় নিঃসরণের ক্ষেত্রে ভিন্ন ধাতুর দুইটি তারের সংযোগদ্বয়ে ভিন্ন তাপমাত্রার পার্থক্য থাকে।
(ii) ফটোতড়িৎ নিঃসরণ একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। ইলেকট্রনের তাপীয় নিঃসরণ একটি সময় সাপেক্ষ ঘটনা।

গ ৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 12.984 দিন।

ঘ ধরি, A ও B মৌলের 60% ক্ষয় হতে t_A ও t_B সময় লাগবে।
উদ্দীপক হতে, A মৌলের অর্ধায়ু, $T_B = 6$ day
B মৌলের অর্ধায়ু, $T_B = 9$ day
প্রাথমিক পরমাণুর পরিমাণ, $N_0 = 100\%$
অক্ষত পরমাণুর পরিমাণ, N = (100 – 60)% = 40%
A মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_A = ?$
B মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_B = ?$

আমরা জানি, $T_A = \frac{0.693}{\lambda_A}$

বা, $\lambda_A = \frac{0.693}{T_A} = \frac{0.693}{6\ day} = 0.1155\ day^{-1}$

এবং $\lambda_B = \frac{0.693}{T_B} = \frac{0.693}{9\ day} = 0.077\ day^{-1}$

আবার, A মৌলের ক্ষেত্রে, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda_A t_A}$

বা, $ln\frac{N}{N_0} = -\lambda_A t_A$

বা, $ln\frac{40}{100} = -0.1155\ day^{-1} \times t_A$

বা, $-0.9163 = -0.1155\ day^{-1} \times t_A$

$\therefore\ t_A = \frac{0.9163}{0.1155\ day^{-1}} = 7.93$ day

B মৌলের ক্ষেত্রে, $ln\frac{N}{N_0} = -\lambda_B \times t_B$

বা, $ln\frac{40}{100} = -0.077\ day^{-1}\times t_B$

বা, $-0.9163 = -0.077\ day^{-1}\times t_B$

$\therefore\ t_B = \frac{0.9163}{0.077\ day^{-1}} = 11.9\ day$

যেহেতু $t_B > t_A$; সেহেতু উভয় মৌলের 60% ক্ষয় হতে B মৌলের অধিক সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▶১৪ দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল A ও B এর ক্ষয় ধ্রুবক যথাক্রমে 0.181 d^{-1} এবং $0.257d^{-1}$. /চ. বো. ১৫/

ক. ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোনো একটি ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.31 eV বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. B মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় কর। ৩

ঘ. মৌলদ্বয়ের 75% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় একই হবে কিনা — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বা ফটো তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ কোনো ধাতব পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগসম্পন্ন ইলেকট্রন নির্গত করতে যতটুকু শক্তির প্রয়োজন তাকে ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে। আবার কোনো একটি ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.31eV বলতে বুঝায়, ঐ ধাতব পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগসম্পন্ন ইলেকট্রন নির্গত করতে 2.31eV শক্তির ফোটনের প্রয়োজন হয়।

গ ৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.89 d

ঘ ১৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶১৫ নিচে একটি ইউরেনিয়াম ফিশন বিক্রিয়া দেওয়া হল:—

$_{92}U^{235} + {}_0^1n \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3{}_0^1n +$ শক্তি

এতে উৎপন্ন γ রশ্মি একটি α কণাকে আঘাত করে। বিক্রিয়াতে উৎপন্ন শক্তির এক-দশমাংশ শক্তি γ রশ্মি বহন করে।

U^{235}	এর	ভর	=	235.0439	amu
${}_0^1n$	"	"	=	1.0087	amu
Ba^{141}	"	"	=	140.9139	amu
Kr^{92}	"	"	=	91.8973	amu
α কণার	"	"	=	4.0012	amu
প্রাটনের	"	"	=	1.007276	amu

$1\ amu = 1.6605\times10^{-27}kg$

/সি. বো. ২০১৭/

ক. শৃঙ্খল বিক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন নেই অথচ β-ক্ষয়ে ইলেকট্রন নির্গত হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রতি ফিশনে উৎপন্ন শক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. γ রশ্মি α কণাকে ভাঙতে পারবে কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক শৃঙ্খল বিক্রিয়া হচ্ছে এমন একটি ধারাবাহিক প্রক্রিয়া যা একবার শুরু করে দেয়া হলে তা চালিয়ে রাখতে বাইরে থেকে আর কোনো শক্তির প্রয়োজন হয় না।

খ β কণা হলো দ্রুতগামী ইলেকট্রন যা নিউক্লিয়াস থেকে নির্গত হয়। কিন্তু নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না। প্রকৃতপক্ষে নিউক্লিয়াসের একটি নিউট্রন ভেঙে একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটন পরিণত হয়। সাংকেতিক চিহ্ন দিয়ে একে নিম্নলিখিতভাবে লেখা যায়—

${}_0N^1 \rightarrow {}_1P^1 + {}_{-1}e^0$ (বিটা কণা)

প্রোটনটি নিউক্লিয়াসে থেকে যায়, কিন্তু ইলেকট্রনটি বিটা কণা হিসেবে নির্গত হয়। এজন্য রূপান্তরিত পরমাণুর ভরসংখ্যা এক একক বৃদ্ধি পায়।

গ ১২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.21×10^{-11} J

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, বিক্রিয়াতে উৎপন্ন শক্তি, $E = 3.21\times10^{-11}$ J

উদ্দীপক অনুসারে,

রশ্মির শক্তি, $E_\gamma = \frac{E}{10}$

$= \frac{3.21\times10^{-11}}{10} = 3.21\times10^{-12}$ J

α কনার ভর, $m = 4.0012$ amu

$= 4.0012\times1.6605\times10^{-27}$ kg

$= 6.644\times10^{-27}$ kg

জানা আছে, আলোর বেগ, $c = 3\times10^8\ ms^{-1}$

আমরা জানি, α কণায় দুটি প্রোটন ও দুটি নিউটন থাকে।

প্রোটনের ভর, $m_p = 1.6605\times10^{-27}$ kg

নিউটনের ভর, $m_n = 1.675\times10^{-27}$ kg

∴ α কণার বন্ধন শক্তি বা ভাঙার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি,

$\Delta E = [2(m_n + m_p) - m]c^2$

বা, $\Delta E = [2(1.675 + 1.6605) - 6.644]\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2$

বা, $\Delta E = 2.43\times10^{-12}$ J

লক্ষ্য করি, $E_\gamma > \Delta E$

অতএব, গামা রশ্মি α কণাকে ভাঙতে পারবে।

প্রশ্ন ▶১৬ 2000 সালে কোনো স্থানে 20 gm পরিমাণ এর একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছিল। যার গড় আয়ু 10.82 বছর। 2015 সালে দেখা গেল ঐ পদার্থের মাত্র 5 gm অবশিষ্ট আছে। /সি. বো. ১৫/

ক. ক্ষয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক h এর মাত্রা সমীকরণ কী হবে? ২

গ. তেজস্ক্রিয় পদার্থটির অর্ধায়ু কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকটির তথ্য অনুযায়ী 2030 সালে পদার্থটির কিছু পরিমাণ আর অবশিষ্ট থাকবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ আমরা জানি, $E = h\upsilon$

$\therefore\ [h] = \frac{E \text{ এর মাত্রা}}{\upsilon \text{ এর মাত্রা}} = \frac{ML^2T^{-2}}{S^{-1}} = ML^2T^{-2}S^1$

এটিই প্ল্যাংকের ধ্রুবকের মাত্রা সমীকরণ।

গ দেওয়া আছে, গড় আয়ু, $\tau = 10.82$ yr

বের করতে হবে, অর্ধায়ু, T = ?

আমরা জানি, $T = \frac{0.693}{\lambda}$ এবং $\tau = \frac{1}{\lambda}$

$\therefore\ T = \frac{1}{\lambda}\times0.693 = 0.693\tau = 0.693\times10.82\ yr = 7.49826\ yr$

ঘ অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{10.82\ yr} = 0.09242\ yr^{-1}$

2030 সালে অবশিষ্ট পদার্থের ভর, $N = N_0e^{-\lambda t}$

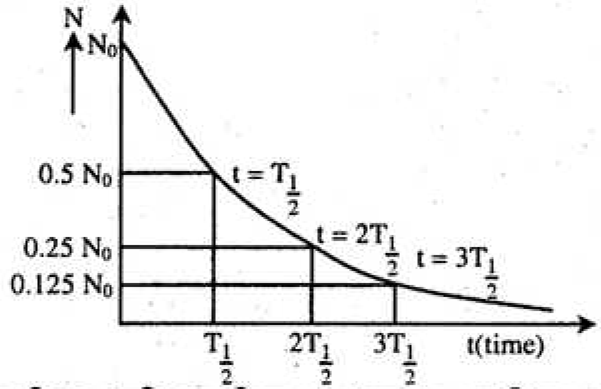
$= 20\ gm\times e^{-0.09242\times30}$

$= 20\ gm\times0.0625$

$= 1.25\ gm \neq 0$

সুতরাং 2030 সালে পদার্থটির কিছু পরিমাণ (1.25 gm) অবশিষ্ট থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭



উদ্দীপকের চিত্রে একটি তেজস্ক্রিয় X-পরমাণুর তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের চিত্র দেখানো হয়েছে। যার গড় আয়ু 2294 বছর। /ব. বো. ২০১৬/

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১

খ. বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীতে অপদ্রব্য মিশ্রিত করা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত X-পরমাণুটির অর্ধায়ু বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের লেখচিত্রটি তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র মেনে চলে— প্রদত্ত তথ্যের ভিত্তিতে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে উচ্চবেগে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধান ঐ পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী কাল ব্যবধানের চেয়ে বেশি হবে, এই প্রভাবকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহকের পরিবাহকত্ব খুব বেশি হয় না। কিন্তু বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহকে অতিসামান্য অপদ্রব্য নিয়ন্ত্রিত পরিমানে (প্রায় এককোটি পরমাণুতে একটি পরমাণু) মেশালে এতে বিপুল পরিমানে মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল সৃষ্টি হয়। ফলে এর পরিবাহকত্ব বহুগুণে বৃদ্ধি পায়। এজন্য পরিবাহকত্ব বৃদ্ধির জন্য বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে অপদ্রব্য মিশ্রিত করা হয়।

গ জানা আছে, $T_{\frac{1}{2}} = 0.693\tau$
$= 0.693 \times 2294$ y
$= 1589.742$ y **(Ans.)**

এখানে,
গড় আয়ু $\tau = 2294$ year
অর্ধায়ু $T_{\frac{1}{2}} = ?$

ঘ এখানে,
তেজস্ক্রিয় X-পরমাণুর গড় আয়ু, $\tau = 2294$ বছর
অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{1}{\tau}$$

বা, $\lambda = \frac{1}{2294 \text{ বছর}}$
$= 4.36 \times 10^{-4}\ y^{-1}$

এখন, যখন, $N_1 = 0.5\ N_0$ তখন সময় t_1 হলে,
$N_1 = N_0\, e^{-\lambda t_1}$
বা, $0.5\ N_0 = N_0\, e^{-\lambda t_1}$
বা, $0.5 = e^{-\lambda t_1}$
বা, $\ell n\,(0.5) = -\lambda t_1$
বা, $t_1 = -\frac{\ell n(0.5)}{\lambda}$
$= -\frac{\ell n(0.5)}{(4.36 \times 10^{-4}\ y^{-1})}$
$= 1589.742\ y = T_{\frac{1}{2}}$ (গ নং থেকে)

আবার, যখন, $N_2 = 0.25N_0$ তখন সময় t_2 হলে,

$$t_2 = -\frac{\ell n(0.25)}{\lambda} = 3179.57\ yr = 2\ T_{\frac{1}{2}}$$

আবার, $N_3 = 0.125N_0$ এর জন্য সময় t_3 হলে,

$$t_3 = -\frac{\ell n(0.125)}{\lambda} = 4768.36\ yr = 3\ T_{\frac{1}{2}}$$

অর্থাৎ, লেখচিত্রটি তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র মেনে চলে।

প্রশ্ন ▶ ১৮ দু'টি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু যথাক্রমে 3 ঘন্টা ও 7 ঘন্টা। /ব. বো. ২০১৭/

ক. রেডিও টেলিস্কোপ কী? ১

খ. n-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ কিনা-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তেজস্ক্রিয় পদার্থদ্বয়ের কোনো নির্দিষ্ট সময়ে সক্রিয়তার হার সমান হলে উক্ত সময়ে পদার্থদ্বয়ের উপস্থিত পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত বের করা সম্ভব কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রেডিও টেলিস্কোপ হলো এমন একটি যন্ত্র যা বেতার তরঙ্গ ব্যবহার করে মহাকাশ পর্যবেক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

খ বিশুদ্ধ সিলিকন বা জার্মেনিয়াম পরিবাহীতে বহিঃস্থ কক্ষপথে পাঁচটি ইলেকট্রন আছে এমন মৌল অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দেওয়া হলে তা n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীতে পরিণত হয়। n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ। কারণ ভেজাল পরমাণুর চারটি ইলেকট্রন চারটি জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর সাথে বন্ধন সৃষ্টি করলেও পঞ্চম ইলেকট্রনটি মুক্ত ইলেকট্রন হিসেবে পরিবহন ব্যান্ডে অবস্থান করে। যা কেলাসের পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কেলাসের মধ্যে মোট ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যা সমান থাকে। ফলে অর্ধপরিবাহী স্ফটিকে কোন নীট চার্জ থাকে না। অর্থাৎ n-টাইপ অর্ধপরিবাহী বা ভেজাল মিশ্রিত অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ দেওয়া আছে,
প্রথম পদার্থের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 3$ ঘণ্টা
বের করতে হবে, ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{3} = 0.231\ hr^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,
প্রথম পদার্থের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 3$ days
দ্বিতীয় পদার্থের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 7$ days

মনে করি, যখন উভয় পদার্থের ভাঙনের হার সমান তখন এদের অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা যথাক্রমে N ও N′

$\therefore \frac{dN}{dt} = -\lambda N$ এবং $\frac{dN'}{dt} = -\lambda' N'$

যেহেতু ভাঙণের হার সমান তাই $\frac{dN}{dt} = \frac{dN'}{dt}$

বা, $-\lambda N = -\lambda' N'$

বা, $\frac{N}{N'} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\frac{\ell n2}{T'_{\frac{1}{2}}}}{\frac{\ell n2}{T_{\frac{1}{2}}}} = \frac{T_{\frac{1}{2}}}{T'_{\frac{1}{2}}} = \frac{3}{7}$

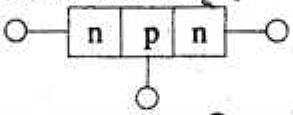
$\therefore$ পদার্থদ্বয়ের উপস্থিত পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত 3 : 7 হলে এদের সক্রিয়তার হার সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৯ সৌভিক A, B ও C তিনটি তেজস্ক্রিয় পদার্থকে গবেষণাগারে রেখে দিলেন। পদার্থগুলোর প্রতিটির ভর ছিল 50 gm। 1.5 বছর পর তিনি এদের ভর পরিমাপ করলেন যথাক্রমে 20 gm, 25 gm ও 40 gm। /ব. বো. ২০১৬/

ক. npn ট্রানজিস্টরের একটি মৌলিক চিত্র অংকন কর। ১
খ. রাদারফোর্ড ও বোর পরমাণু মডেলের মূল পার্থক্য কী? ২
গ. উদ্দীপকে B মৌলটির অবক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. A মৌলের 20% এবং C মৌলের 10% ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক npn ট্রানজিস্টরের মৌলিক চিত্র নিম্নরূপ:



খ রাদারফোর্ডের মডেল পরমাণুর স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করতে ব্যর্থ হয়। কোয়ান্টাম মডেল উপস্থাপন করে বোর এ সীমাবদ্ধতা অতিক্রম করতে সক্ষম হন। বোর মডেলের সাহায্যে হাইড্রোজেন পরমাণুর বর্ণালী রেখার উৎপত্তির ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব হয় এবং কক্ষপথের ব্যাসার্ধ ও কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি পরিমাণ করাও এই মডেলের সাহায্যে সম্ভব হয়। তাই বলা যায় রাদারফোর্ড ও বোর পরমাণু মডেলের মূল পার্থক্য পরমাণুর স্থায়িত্ব।

গ উদ্দীপক হতে পাই, যেহেতু 1.5 বছরে অর্ধেক পরিমাণ B ভেঙে যায় তাই,

B মৌলের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 1.5$ y

B মৌলের অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

বা, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$

$= \frac{0.693}{1.5} = 0.462\ y^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই;

A মৌলের প্রারম্ভিক পরমাণুর ভর, $N_0 = 50$ gm

1.5 বছর পর A মৌলের অবশিষ্ট পরমাণুর ভর, $N = 20$ gm

C মৌলের প্রারম্ভিক পরমাণুর ভর, $N'_0 = 50$ gm

1.5 বছর পর C মৌলের অবশিষ্ট পরমাণুর ভর, $N' = 40$ gm

ধরি, A মৌলের অবক্ষয় ধ্রুবক $= \lambda_a$

C মৌলের অবক্ষয় ধ্রুবক $= \lambda_c$

আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda_a t}$$

বা, $20 = 50 e^{-\lambda_a \times 1.5}$

বা, $\ell n\left(\frac{20}{50}\right) = -1.5\lambda_a$

বা, $\lambda_a = \frac{-0.916}{-1.5}$

$\therefore \lambda_a = 0.61\ y^{-1}$

আবার,

$$N' = N'_0 e^{-\lambda_c t}$$

বা, $40 = 50 e^{-\lambda_c \times 1.5}$

বা, $\ell n\left(\frac{40}{50}\right) = -1.5\lambda_c$

বা, $\lambda_c = \frac{-0.223}{-1.5}$

$\therefore \lambda_c = 0.148\ y^{-1}$

A মৌলের 20% ক্ষয় হওয়ার পর অবশিষ্ট পরমাণুর ভর,

$$N = N_0 \times (100 - 20)\% = N_0 \times \frac{80}{100} = \frac{4N_0}{5}$$

A মৌলের 20% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময়, t_a হলে,

$$N = N_0 e^{-\lambda_a t_a}$$

বা, $\frac{4N_0}{5} = N_0 e^{-\lambda_a t_a}$

বা, $\ell n\left(\frac{4}{5}\right) = -\lambda_a t_a$

বা, $-0.223 = -0.61\ t_a$

$\therefore t_a = 0.365$ y

C মৌলের 10% ক্ষয় হওয়ার পর অবশিষ্ট পরমাণুর ভর,

$$N = N_0 \times (100 - 10)\% = N_0 \times \frac{90}{100} = \frac{9N_0}{10}$$

C মৌলের 10% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময়, t_c হলে,

$$N = N_0 e^{-\lambda_c t_c}$$

বা, $\frac{9N_0}{10} = N_0 e^{-\lambda_c t_c}$

বা, $\ell n\left(\frac{9}{10}\right) = -\lambda_c t_c$

বা, $-0.105 = -0.148 \times t_c$

$\therefore t_c = 0.71$ y

লক্ষ করি, $t_a \neq t_c$

অতএব, A মৌলের 20% এবং C মৌলের 10% ক্ষয় হতে ভিন্ন সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▶২০ ${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \longrightarrow [{}_{92}U^{236}] \longrightarrow {}_{56}Ba^{141}$ + newtron + energy

এখানে, ${}_{92}U^{235} = 236.0526$ amu; ${}_{56}Ba^{141} = 140.9139$ amu

${}_{36}Kr_{92} = 91.8973$ amu; ${}_0n^1 = 1.0087$ amu

$T_{\frac{1}{2}} = 450 \times 10^8$ বছর। *[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]*

ক. নিউক্লিয়ন কী? ১
খ. পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি ঋণাত্মক— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটিতে কয়টি নিউট্রন নির্গত হবে। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বিক্রিয়াটিতে কত শক্তি নির্গত হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

১২ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶২১ একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে তার উত্তেজিত অবস্থা থেকে প্রশমিত করা যেতে পারে। প্রথম উত্তেজিত স্তরের শক্তি –3.4eV. ইলেকট্রনের ভর এবং আধান যথাক্রমে 9.11×10^{-31}kg এবং 1.6×10^{-19}C. ($\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$) *[পাবনা ক্যাডেট কলেজ]*

ক. তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ুর সংজ্ঞা দাও। ১
খ. ভর-ত্রুটি কী ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রদত্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম শক্তিস্তর (ground state) এর শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উপরোক্ত প্রশমন প্রক্রিয়ায় নির্গত ফোটনের কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

খ কোনো নিউক্লিয়াসের ভর এর মধ্যে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোর ভরের সমষ্টি অপেক্ষা সামান্য কম। অর্থাৎ নিউক্লিয়নগুলো মিলিত হয়ে নিউক্লিয়াস গঠনের সময় কিছুটা ভর অদৃশ্য হয়। একে ভর ত্রুটি বলে।

ধরা যাক, কোনো একটি নিউক্লিয়াসের প্রোটন সংখ্যা Z এবং ভর সংখ্যা A, তাহলে নিউট্রন সংখ্যা হবে A – Z। একটি প্রোটনের ভর m_p এবং একটি নিউট্রনের ভর m_n।

সুতরাং নিউক্লিয়নগুলোর মোট ভর, $m' = Z \times m_p + (A - Z)m_n$। এখন নিউক্লিয়াসটির ভর m হলে ভর ত্রুটি

$$\Delta m = m' - m = Z \times m_p + (A - Z)m_n - m$$

উদাহরণস্বরূপ, একটি অক্সিজেন পরমাণু ${}^{16}_{8}O$ এর নিউক্লিয়াসের ভর m = 15.994915 amu। একটি প্রোটনের ভর, $m_p = 1.007825$ amu এবং একটি নিউট্রনের ভর $m_n = 1.008665$ amu।

সুতরাং এক্ষেত্রে ভর ত্রুটি,

$\Delta m = 8 \times 1.007825$ amu $+ (16-8)\ 1.008665$ amu $- 15.994915$ amu

$= 0.137005$ amu

গ প্রথম শক্তিস্তরের শক্তি,

$E_1 = -\dfrac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0{}^2}$

$= -\dfrac{9.11\times10^{-31}\times(1.6\times10^{-19})^4}{8\times(6.63\times10^{-34})^2\times(8.854\times10^{-12})^2}$

$= -13.54$ eV. **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
ইলেকট্রনের ভর, $m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg
আধান, $e = 1.6\times10^{-19}$C
তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854\times10^{-12}C^2N^{-1}m^{-2}$

ঘ 'গ' হতে পাই,

প্রথম শক্তিস্তরের শক্তি, $E_1 = -13.54$ eV

দ্বিতীয় (প্রথম উত্তেজিত) শক্তিস্তরের শক্তি, $E_2 = -3.4$ eV

সুতরাং উল্লিখিত প্রশমন প্রক্রিয়ায় নির্গত ইলেকট্রনের শক্তি হবে উপরোক্ত শক্তিস্তরদ্বয়ের পার্থক্যের সমান।

$\therefore \Delta E = E_2 - E_1$

$\Rightarrow hf = (-3.4 + 13.54)$ eV [f = নির্গত ফোটনের কম্পাঙ্ক]

$\Rightarrow 6.63\times10^{-34}\times f = 10.14\times1.6\times10^{-19}$

$\therefore f = 2.45\times10^{15}$ Hz

অতএব, উপরোক্ত প্রশমন প্রক্রিয়ায় নির্গত ফোটনের কম্পাঙ্ক 2.45×10^{15} Hz

প্রশ্ন ▶২২ ${}^{235}_{95}U + {}^{1}_{0}n = {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n$ + Energy

[$M({}^{235}_{95}U) = 235.0439$ amu $M({}^{1}_{0}n) = 1.0087$ amu

$M({}^{141}_{56}Ba) = 140.9139$ amu $M({}^{92}_{36}Kr) = 91.8973$ amu] *[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]*

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কি? ১

খ. কেনো ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের ভিতরে অবস্থান করতে পারে না? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ফিশন বিক্রিয়ার মাধ্যমে কতটুকু শক্তি পাওয়া যায় বের কর? ৩

ঘ. যদি উপরের বিক্রিয়াটি নিয়ন্ত্রণ না করা হয় তখন এটি মানুষের জন্যে ধ্বংসাত্মক হবে সত্যতা যাচাই কর? ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থার ভর স্থির অবস্থার ভর অপেক্ষা বেশি হয়। একে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ $= 10^{-14}$m। সুতরাং ইলেকট্রনকে নিউক্লিয়াসের মধ্যে অবস্থান করতে হলে এর অবস্থানের অনিশ্চয়তা 2×10^{-14}m এর অধিক হবে না।

অনিশ্চয়তা নীতি অনুযায়ী, $\Delta x \times \Delta P = h$

$\Rightarrow \Delta P = \dfrac{h}{\Delta x} = \dfrac{6.62\times10^{-34}}{2\times10^{-14}}$

$= 3.31\times10^{-24}$ kgms^{-1}

$\therefore$ ইলেকট্রনের ভরবেগ $= P = 3.31\times10^{-24}$ kgms^{-1}

এখন, $E = \dfrac{P^2}{2m} = \dfrac{(3.31\times10^{-24})}{2\times9.1\times10^{-31}}$

$= 6.02\times10^{-8}$J $= 37.6$ MeV

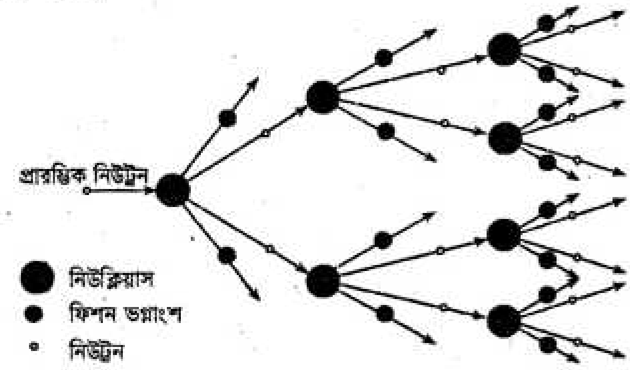
দেখা যাচ্ছে, নিউক্লিয়াসের ভেতর অবস্থান করতে ইলেকট্রনের শক্তি হওয়া উচিত 37.6 MeV, অথচ পরীক্ষা করে দেখা যায় ইলেকট্রনের শক্তি 4 MeV এর বেশি হয় না।

সুতরাং, নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

গ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ উপরের বিক্রিয়াটি একটি শৃঙ্খল বিক্রিয়া। শৃঙ্খল বিক্রিয়া এমন স্ব-বহ (Self-sustain) প্রক্রিয়া যা একবার শুরু হলে তাকে চালিয়ে রাখার জন্য কোনো অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয় না। ফিশনযোগ্য বিক্রিয়ায় যে নিউট্রন মুক্তিলাভ করে বেরিয়ে আসে তা শৃঙ্খল বিক্রিয়াকে সম্ভব করে তোলে। যেমন- উপরের বিক্রিয়ায় ৩টি নিউট্রন মুক্ত হয়ে আরো ৩টি ${}^{235}_{95}U$ নিউক্লিয়াসের ফিশন ঘটায় তবে পাওয়া যাবে ৯টি নিউট্রন। এরা আরো ৯টি নিউক্লিয়াসের ফিশন ঘটিয়ে তৈরি করবে ২৭টি নিউট্রন। অনিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া অতি অল্প সময়ে বিপুল পরিমাণ শক্তির উদ্ভব হয়। একটি নিউট্রন দ্বারা শুরু করা একটি অনিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া নজির বিহীন বিস্ফোরণ ঘটাতে পারে। অর্থাৎ নিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া থেকে পাওয়া যায় অপরিসীম শক্তি কিন্তু অনিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া ভয়াবহ দূর্ঘটনার কারণ হয়ে যেতে পারে।

সুতরাং উপরের বিক্রিয়াটি নিয়ন্ত্রণ না করা হয় তবে এটি মানুষের জন্য ধ্বংসাত্মক হবে।



প্রশ্ন ▶২৩

সংখ্যা	পরমাণু	পরমাণুর ভর	প্রোটনের ভর	নিউট্রনের ভর
1	Fe^{56}_{26}	55.934939 amu	1.007825 amu	1.008665 amu.
2	Bi^{209}_{83}	208.980388amu		

[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. তেজস্ক্রিয়তা কি? ১

খ. তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম পরমাণুটির ভর ত্রুটি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রতি নিউক্লিয়নের বন্ধন শক্তি অনুযায়ী কোন পরমাণুটি বেশি স্থিতিশীল— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ঘটনাকে বলা হয় তেজস্ক্রিয়তা।

খ তেজস্ক্রিয় ক্ষয়সূত্রটি হলো, 'কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙনের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুসংখ্যার সমানুপাতিক'। ধরা যাক, প্রারম্ভিক অবস্থায় কোনো তেজস্ক্রিয় পরমাণুর সংখ্যা ছিল N_o। t সময়ে ভাঙনের পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N হয়। যদি dt সময়ে dN সংখ্যক পরমাণু ভেঙে যায় তবে তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্রটি হলো,

$-\dfrac{dN}{dt} \propto N$

বা, $-\dfrac{dN}{dt} = \lambda N$

বা, $\dfrac{dN}{dt} = -\lambda N$

এখানে, λ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক বলে। ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা পরমাণুর সংখ্যা হ্রাস পায় তা বোঝানো হয়েছে।

গ প্রথম পরমাণুটির প্রতীক ${}^{56}_{26}Fe$

অর্থাৎ এতে 26টি প্রোটন রয়েছে এবং নিউট্রন রয়েছে = 56−26= 30টি

দেওয়া আছে,

প্রতিটি প্রোটনের ভর, $m_p = 1.007825$ amu

এবং প্রতিটি নিউট্রনের ভর, $m_n = 1.008665$ amu

∴ 26 টি প্রোটন এবং 30টি নিউট্রনের সম্মিলিত ভর

$= 26m_p + 30m_n = (26\times1.007825 + 30\times1.008665)$ amu

$= 56.4634$ amu

কিন্তু নিউক্লিয়াসের পরিমাপিত ভর = 55.934939 amu

∴ প্রথম পরমাণুটির ভর-ত্রুটি = 56.4634 amu − 55.954939 amu

= 0.52846 amu **(Ans.)**

আমরা জানি, 1 amu ≈ 931 MeV

ঘ প্রথম পরমাণুর নিউক্লিয়াসে মোট বন্ধনশক্তি,
$E_1 = 0.52846 \times 931$ MeV = 492 MeV

∴ প্রথম পরমাণুতে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি = $\frac{492 \text{ MeV}}{\text{নিউক্লিয়ন সংখ্যা}}$

$= \frac{492 \text{ MeV}}{56} = 8.786$ MeV/nucleon

দ্বিতীয় পরমাণুতে বিদ্যমান প্রোটন ও নিউট্রনসমূহের মোট ভর
$= 83m_p + (209 - 83)m_n$
$= 83 \times 1.007825 + 126 \times 1.008665 = 210.74$ amu

কিন্তু দ্বিতীয় পরমাণু নিউক্লিয়াসের ভর = 208.980388 amu

∴ দ্বিতীয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভরত্রুটি = (210.74 – 208.980388) amu
= 1.7596 amu

∴ দ্বিতীয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মোট শক্তি, $E_2 = 1.7596 \times 931$ MeV
= 1638.2 MeV

∴ দ্বিতীয় পরমাণুর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি = $\frac{1638.2 \text{ MeV}}{\text{মোট নিউক্লিয়ন সংখ্যা}}$

$= \frac{1638.2 \text{ MeV}}{209} = 7.838$ MeV/nucleon

লক্ষ করি, 8.786 MeV/nucleon > 7.838 MeV/nucleon সুতরাং প্রথম পরমাণুর ক্ষেত্রে নিউক্লিয়াস প্রতি বন্ধন শক্তি বৃহত্তর। তাই প্রথম পরমাণুটি বেশি স্থিতিশীল। এর আকার তুলনামূলক ভাবে ছোট হওয়ার কারণেই এরূপ হয়েছে।

প্রশ্ন ▶২৪ হাইড্রোজেন এর ভূমি অবস্থার শক্তি –13.6 eV. ২য় শক্তিস্তরে অবস্থিত একটি ইলেকট্রনের আধান ও ভর যথাক্রমে 1.602×10^{-19} C এবং 9.11×10^{-31} kg. *[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]*

ক. বন্ধন শক্তি কী? ১
খ. বোর মডেল দ্বারা কিভাবে রাদারফোর্ডের মডেলের সীমাবদ্ধতা ঠিক হলো? ২
গ. ২য় শক্তিস্তরের ব্যাসার্ধ কত? ৩
ঘ. যদি ইলেকট্রনটি ২য় শক্তিস্তর থেকে ভূমি অবস্থায় যায় বা ৩য় থেকে ২য় শক্তিস্তরে যায় তাহলে কোন ক্ষেত্রে নির্গত শক্তির পরিমাণ বেশি হবে। গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেঁধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ রাদারফোর্ডের মডেল অনুযায়ী আবর্তনশীল ইলেকট্রন প্রতিনিয়ত তাড়িতচৌম্বক শক্তি বিকিরণ করবে। ফলে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসে পতিত হবে এবং পরমাণুর স্থায়ী গঠন থাকবে না।
কিন্তু বোরের মতবাদ অনুযায়ী ইলেকট্রন শক্তি বিকিরণ করে যখন উচ্চ শক্তিস্তর থেকে নিম্ন শক্তিস্তরে আসে আবার নিম্ন থেকে উচ্চ শক্তিস্তরে গেলে শক্তি শোষণ করে। এভাবে রাদারফোর্ডের মডেলের ত্রুটি দূর হয়।

গ এখানে,
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ইলেকট্রনের আধান, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
প্লাঙ্ক ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ $C^2N^{-1}m^{-2}$
কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = 2
কক্ষের ব্যাসার্ধ, $r_n = ?$

আমরা জানি, $r_n = \frac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi me^2}$

বা, $r_n = \frac{2^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2 \times 8.85 \times 10^{-12}}{3.14 \times 9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2}$

বা, $r_n = 2.13 \times 10^{-10}$m

∴ $r_n = 2.13$ Å **(Ans.)**

ঘ এখানে, ভূমি অবস্থার শক্তি, $E_0 = -13.6$eV

মনে করি, n তম শক্তিস্তরের শক্তি E_n হলে $E_n = \frac{E_0}{n^2}$

২য় শক্তিস্তরের শক্তি, $E_2 = \frac{E_0}{n^2} = \frac{-13.6}{2^2}$

∴ $E_2 = -3.4$ eV

৩য় শক্তিস্তরের শক্তি,
$E_3 = \frac{E_0}{n^2} = \frac{-13.6}{3^2}$

∴ $E_3 = -1.51$ eV

ইলেকট্রনটি ২য় শক্তিস্তর থেকে ভূমি অবস্থায় আসলে নির্গত শক্তির পরিমাণ, $\Delta E_1 = (E_2 - E_0) = (-3.4 + 13.6)$
∴ $\Delta E_1 = 10.2$ eV
এবং ৩য় শক্তিস্তর থেকে ২য় শক্তিস্তরে আসলে নির্গত শক্তির পরিমাণ,
$\Delta E_2 = E_3 - E_2 = (-1.51 + 3.4)$
∴ $\Delta E_2 = 1.89\text{eV} < \Delta E_1$
সুতরাং বলা যায় যে, ইলেকট্রনটি ২য় শক্তিস্তর থেকে ভূমি অবস্থায় আসলে বেশি শক্তি নির্গত করবে।

প্রশ্ন ▶২৫ জনাব হাফিজ একটি পাওয়ার স্টেশনের ইঞ্জিনিয়ার। তাদের পাওয়ার স্টেশনে তেজস্ক্রিয় রেডন ব্যবহার করা হয়। রেডনের অর্ধায়ু 3.82 days. *[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ]*

ক. ভরত্রুটি কি? ১
খ. তেজস্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. জনাব হাফিজের পাওয়ার স্টেশনে ব্যবহৃত পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক বের করো। ৩
ঘ. ব্যবহৃত অণুর 60% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ 'তেজস্ক্রিয়তা' বা 'রেডিয়েশন' নামটি থেকেই বোঝা যায় যে, এটি হলো স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিকিরণ উদগীরণ হবার ঘটনা। পারমাণবিক নিউক্লিয়াস (যা কোনো কারণে অস্থিত) দ্বারা এটি ঘটে। ঘটনাটি এমন যেন, এটি কিছুটা শক্তি (বা ভর) ত্যাগ করে অধিকতর সুস্থিত বিন্যাস অর্জন করতে চায়। পরমাণুর অভ্যন্তরে অতিরিক্ত শক্তির দরুন অথবা এর আশপাশের অত্যন্ত দুর্বল শক্তির দরুন পদার্থটি একটি তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ার মাধ্যমে অধিকতর সুস্থিত অবস্থা অর্জন করতে চায়।

গ ১৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.1814136 d^{-1}

ঘ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5.05 days.

প্রশ্ন ▶২৬ বর্ণ A ও B দুটি তেজস্ক্রিয় উপাদান নিয়ে কাজ করছিলো। উপাদান দুটির অর্ধায়ুর যোগফল 15 বছর। A এর অর্ধায়ু B এর অর্ধায়ুর দ্বিগুণ। *[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]*

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১
খ. ইলেকট্রনের কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.02468Å বলতে কী বোঝায়? ২
গ. A এর ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উভয় উপাদানের 40% ক্ষয় হতে ভিন্ন সময় লাগে– বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ ইলেকট্রনের কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.02468Å বলতে বুঝায় ইলেকট্রনের সাথে কোনো ফোটনের সংঘর্ষ হলে এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বোচ্চ 0.02468Å পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶২৭ হাইড্রোজেন পরমাণুর ১ম বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ 0.53Å এবং ভূমি অবস্থার শক্তি – 13.6 eV। *[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]*

ক. কোয়াসার কি? ১

খ. নিউক্লীয় ফিশন বিক্রিয়ায় শক্তি নির্গত হওয়ার কারণগুলো সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পরমাণুটির বোর কক্ষের কোয়ান্টাম সংখ্যা এবং শক্তি বের কর যেখানে ব্যাসার্ধ 0.01 mm। ৩

ঘ. পরমাণুটির ১ম বোর কক্ষের ঘূর্ণন সংখ্যা বের করে দেখা গেল যে, মোট শক্তি গতিশক্তি এবং বিভবশক্তির যোগফলের সমান। গাণিতিক পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে তোমার উত্তরের সত্যতা যাচাই করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোয়াসার হলো এক ধরনের অ্যাক্টিভ গ্যালাকটিক নিউক্লিয়াস যা সবচেয়ে উজ্জ্বল ও শক্তিশালী এবং আমাদের থেকে সবচেয়ে দূরে অবস্থিত।

খ আমরা জানি $^{235}_{92}U$ কে নিউট্রন $^{1}_{0}n$ দ্বারা আঘাত করলে নিউক্লিয় ফিশন ঘটে। এতে $^{235}_{92}U$ নিউক্লিয়াসের বিভাজিত হয়ে কম ভরের দুটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয় এবং দুটি বা তিনটি নিউট্রন $^{1}_{0}n$ নির্গত হয়।

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী $^{1}_{0}n$ ও $^{235}_{92}U$ এর মোট ভর অপেক্ষা উৎপন্ন নিউক্লিয়াসদ্বয় ও নিউট্রনগুলির মোট ভর সামান্য কম হয়। অর্থাৎ নিউক্লিয় ফিশনে কিছু ভর অদৃশ্য হয়। আইনস্টাইনের ভরশক্তি সমীকরণ $E = mc^2$ অনুসারে এই অদৃশ ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহাই নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় শক্তি উৎপন্নের কারণ।

গ এখানে,

১ম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.53 \times 10^{-10}m$

n তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, $r_n = 0.01 \times 10^{-3}m$

ভূমি অবস্থার শক্তি, $E_0 = -13.6\ eV$

n তম কক্ষপথের শক্তি, $E_n = ?$

কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = ?

আমরা জানি,

$$r_n = n^2 r_1$$

$$\therefore n = \sqrt{\frac{r_n}{r_1}}$$

$$\text{বা, } n = \sqrt{\frac{0.01 \times 10^{-3}}{0.53 \times 10^{-10}}}$$

$\therefore n = 434$ **(Ans.)**

$$\text{এবং } E_n = \frac{E_0}{n^2} = \frac{-13.6}{434}$$

$\therefore E_n = -3.13 \times 10^{-2}\ eV$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,

কক্ষপথের কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = 1

ব্যাসার্ধ, r = 0.53Å

ভূমি অবস্থার শক্তি, $E_0 = -13.6eV$

$$\text{এখন, } L = mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$\text{বা, } mvr = \frac{h}{2\pi}$$

$$\text{বা, } v = \frac{h}{2\pi mr}$$

$$\therefore v = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2\pi \times 9.1 \times 10^{-31} \times 0.53 \times 10^{-10}}$$

$$= 2.19 \times 10^6\ ms^{-1}$$

$$\text{এখন, গতিশক্তি} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (2.19 \times 10^6)^2$$

$$= 2.18 \times 10^{-18}J$$

$$\text{আবার, বিভবশক্তি} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{e^2}{r_1}$$

$$= \frac{1}{4\pi \times 8.57 \times 10^{-12}} \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{0.53 \times 10^{-10}} = -4.34 \times 10^{-18}\ J$$

$$\text{মোট শক্তি} = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0}\frac{e^2}{r_1}$$

$$= -\frac{1}{8\pi \times 8.857 \times 10^{-12}} \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{0.53 \times 10^{-10}}$$

$$= -2.16J$$

এখন, গতিশক্তি + বিভবশক্তি $= 2.18 \times 10^{-18} - 4.34 \times 10^{-18}$

$= -2.16\ J$

∴ গতিশক্তি + বিভবশক্তি = মোট শক্তি [Proved]

প্রশ্ন ▶২৮ ইউরেনিয়াম এর ফিশন বিক্রিয়া নিম্নরূপ:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{138}_{57}La + ^{85}_{35}Br + 3\,^{1}_{0}n + \text{শক্তি}$$

ডিউটেরিয়াম এর ফিউশন বিক্রিয়া $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n + \text{শক্তি}$

নিউক্লিয়াস	ভর (a.m.u)	
$^{235}_{92}U$	235.1	$^{1}_{0}n$ এর ভর-1.009 amu
$^{148}_{57}La$	148	$r_0 = 1.4 \times 10^{-15}m$
$^{85}_{35}Br$	84.9	
$^{2}_{1}H$	2.015	অ্যাভোগেড্রোর সংখ্যা $N_A = 6.023 \times 10^{23}$ টি
$^{3}_{2}He$	3.017	

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

ক. ফটো ইলেকট্রন কী? ১

খ. কম্পটন ক্রিয়ায় বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিক্ষেপ কোণের উপর নির্ভরশীল— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ল্যানথেনাম $\left(^{148}_{57}La\right)$ নিউক্লিয়াস এর আয়তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রতি কেজি ইউরেনিয়াম এর ফিশন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি প্রতি কেজি ডিউটেরিয়াম এর ফিউশনে উৎপন্ন শক্তি অপেক্ষা বেশি হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর? ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব খণ্ডের ওপর উচ্চ কম্পাঙ্কের তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণ আপতিত হলে এর পৃষ্ঠ থেকে ইলেকট্রন নিঃসরণ হয়। একে ফটো ইলেকট্রন বলে।

খ কোনো একটি শক্তিশালী ফোটনের সাথে মুক্ত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ ঘটলে ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে কিছু শক্তি প্রদান করে। এতে বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি হয়।

কম্পটন বিক্ষেপণের সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, $\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta)$

অর্থাৎ θ এর মান যত বেশি হবে, cosθ তত ক্ষুদ্র হবে এবং λ′,λ এর কাছাকাছি মানের হবে। আবার θ বৃদ্ধি পেলে cosθ এর মান হ্রাস পাবে এবং $(\lambda' - \lambda)$ ব্যবধান বৃদ্ধি পাবে। $\theta = 0°$ এর জন্য $\lambda' = \lambda$ হয় এবং $\theta = 90°$ এর জন্য $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}$ যা সর্বোচ্চ ব্যবধান নির্দেশ করে। তাই বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিক্ষেপণ কোণে উপর নির্ভর করে।

গ

আমরা পাই,

La নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ

$R = r_0 \times (A)^{\frac{1}{3}}$

$= 1.4 \times 10^{-15} \times (148)^{\frac{1}{3}}$

$= 7.41 \times 10^{-15}m$

এখানে,
ব্যাসার্ধ, $r_0 = 1.4 \times 10^{-15}m$
ভর সংখ্যা, $A = 148$
আয়তন, $V = ?$

$\therefore$ La নিউক্লিয়াসের আয়তন, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$= 1.7 \times 10^{-42} m^3$ **(Ans)**

ঘ প্রতিটি ইউরেনিয়াম পরমাণুর ভাঙনে হারানো ভর,

$\Delta m_u = [(235.1 + 1.009) - (148 + 84.9 + 3 \times 1.009)]$ a.m.u

$= 0.182$ amu

1kg ইউরেনিয়ামে পরমাণুর সংখ্যা,

$n_u = \frac{1000}{235} N_A$

$= \frac{1000}{235} \times 6.023 \times 10^{23}$ টি

$= 2.563 \times 10^{24}$ টি

$\therefore$ 1kg ইউরেনিয়াম ভাঙনে হারানো ভর,

$\Delta m_1 = \Delta mu \times n_u$

$= 0.182 \times 2.563 \times 10^{24}$ a.m.u

$= 4.664 \times 10^{23}$ a.m.u

$= 7.7899 \times 10^{-4}$ kg

$\therefore$ 1 kg ইউরেনিয়াম ভাঙনে বিমুক্ত শক্তি,

$\Delta E_1 = \Delta m_1 c^2$

$= 7.7899 \times 10^{-24} \times (3 \times 10^8)^2 J$

$= 7.01 \times 10^{13} J$

আবার, দুটি ^2_1H পরমাণুর ভাঙনে হারানো ভর,

$\Delta m_H = [2 \times 2.015 - (3.017 + 1.009)]$ a. m. u

$= 4 \times 10^{-3}$ a.m.u

^2_1H এর পারমাণবিক ভর = 2

$\therefore$ 1kg ডিউটোরিয়ামে পরমাণুর সংখ্যা,

$n_H = \frac{1000}{2} \times 6.023 \times 10^{23}$টি

$= 3.0115 \times 10^{26}$টি

$\therefore$ 1kg ডিউটোরিয়ামের ভাঙনে হারানো ভর,

$\Delta m_2 = \frac{3.0115 \times 10^{26}}{2} \times 4 \times 10^{-3}$ a.m.u

$= 6.023 \times 10^{23}$ a. m. u

$= 1.005 \times 10^{-3}$ kg

$\therefore$ 1 kg ডিউটোরিয়াম ভাঙনে বিমুক্ত শক্তি,

$\Delta E_2 = \Delta m_2 c^2$

$= 1.005 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2$ J

$= 9.05 \times 10^{13} J$

$\Delta E_2 > \Delta E_1$

অতএব, ডিউটেরিয়ামের সমপরিমাণ ভাঙনে বেশি শক্তি উৎপন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৯ সানি একটি অজানা পরমাণু X এবং $_{92}U^{235}$ নিয়ে পর্যবেক্ষণ করছিলো? $_{92}U^{235}$ নিউক্লিয়াসের ভর 235.04390 amu X পরমাণুর তৃতীয় কক্ষপথ থেকে প্রথম কক্ষপথে একটি ইলেকট্রন ফিরে আসলো। ইলেকট্রনটির বেগ 0.99c । প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1.00728 amu ও 1.00876 amu। *[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]*

ক. রেডিও আইসোটোপ কি? ১

খ. অবক্ষয় ধ্রুবক যত বড় হবে নির্দিষ্ট সময়ে একটি পরমাণুর ক্ষয়ের সম্ভাবনা তত বেশি হবে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইলেকট্রনটি ভূমি অবস্থায় ফিরে আসায় বিকিরিত শক্তির তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইলেকট্রনটির আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি $_{92}U^{235}$ এর বন্ধন শক্তির সমান কিনা–গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কতকগুলো আইসোটোপে অল্প সময়ের জন্য কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা দেখা যায়। এদেরকে রেডিও আইসোটোপ বলে।

খ তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙনের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক। এসব পরমাণুর সংখ্যা N হলে,

$-\frac{dN}{dt} \propto N$

বা, $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$

এখানে, λ হচ্ছে অবক্ষয় ধ্রুবক

$\therefore \lambda = -\frac{dN}{dt}$ [N = 1 বসিয়ে]

অর্থাৎ অবক্ষয় ধ্রুবক যত বড় হবে নির্দিষ্ট সময়ে একটি পরমাণুর ক্ষয়ের সম্ভাবনা তত বেশি।

গ

$(m - m_0)c^2 = \frac{hc}{\lambda}$

বা, $\lambda = \frac{h}{(m - m_0)c}$

বা, $\lambda = \frac{h}{m_0\left[\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right]c}$

এখানে,
ইলেকট্রনের বেগ, $v = 0.99c$
স্থির ভর, $= 9.1 \times 10^{-31}kg$
মনেকরি, বিকিরত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $= \lambda$

বা, $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31}\left[\frac{1}{\sqrt{1-(0.99)^2}} - 1\right] \times 3 \times 10^8}$

$\therefore \lambda = 3.988 \times 10^{-13}m$

$= 3.988 \times 10^{-3}$Å **(Ans.)**

ঘ এখানে, ইলেকট্রনটির বেগ, $v = 0.99c$

ইলেকট্রনটির ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}kg$

ইলেকট্রনটির আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি,

$E_K = (m - m_0)c^2$

$= \left(\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0\right)c^2$

$= \left(\frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1-\left(\frac{0.99c}{c}\right)^2}} - 9.1 \times 10^{-31}\right) \times (3 \times 10^8)^2$

$= 4.99 \times 10^{-13}J$

বন্ধন শক্তি,

$\Delta E = \Delta mc^2$ [এখানে, Δm = ভরত্রুটি]

$= [\{(92 \times 1.00728) + 143 \times 1.00876)\} - 235.0439 \times 931$ MeV

$= 1748.92074$ MeV

$= 2.798 \times 10^{-10}J$

অর্থাৎ আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি এবং বন্ধন শক্তি সমান নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩০ Lanthenium-এর তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের অর্ধায়ু 1.1×10^{10} yrs। এতে আদি পরমাণুর সংখ্যা ছিল 0.043×10^{23}। *[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]*

ক. পরমাণুর শক্তি লেভেলের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. মহাবিশ্বের শেষ পরিণতির সর্বাধুনিক মতবাদ অনুযায়ী লেখচিত্র আঁক এবং মতবাদের নাম লিখ। ২

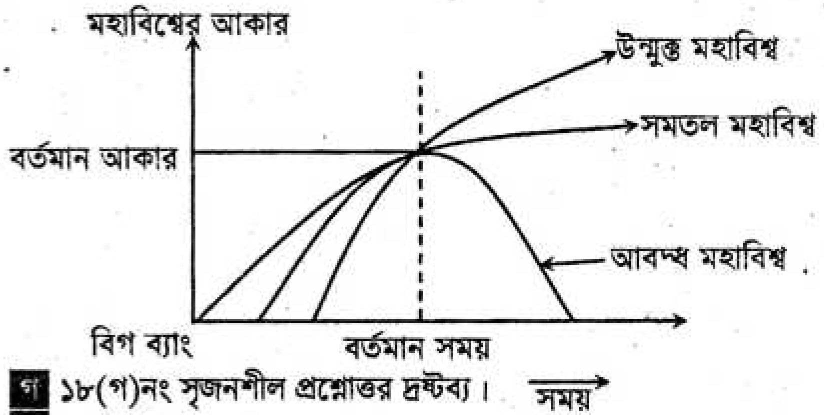
গ. পরমাণুর ক্ষয় ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর উদ্দীপক ব্যবহার করে। ৩

ঘ. প্রথম সেকেন্ডে ক্ষয়ের হার নির্ণয় কর উদ্দীপকের Lanthenium এর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরমাণুর প্রতিটি কক্ষপথের একটি নির্দিষ্ট শক্তি থাকে। এই শক্তি সম্পন্ন কোনো ইলেকট্রন উক্ত স্তরে থাকতে পারে। নির্দিষ্ট শক্তি সম্পন্ন এই স্তর সমূহকে পরমাণুর শক্তি লেভেল বলে।

খ মহাবিশ্বের শেষ পরিণতির সর্বাধুনিক মতবাদ বিগ ব্যাং তত্ত্ব। এ তত্ত্ব অনুযায়ী লেখচিত্র নিম্নরূপ:



গ ১৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ
প্রতি সেকেন্ডে ক্ষয়ের হার,

$\frac{dN}{dt} = \lambda N$

$= 4.8 \times 10^{-17} \times 0.043 \times 10^{23}$

$= 2.06 \times 10^5$ টি পরমাণু। **(Ans.)**

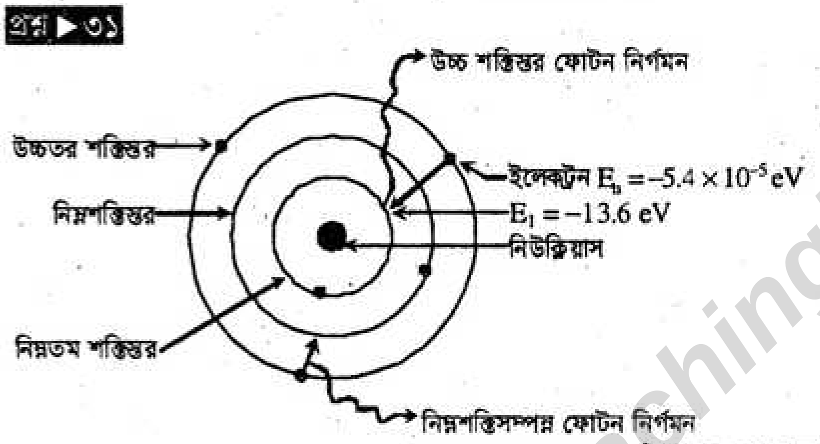
দেওয়া আছে,
আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_0 = 0.043 \times 10^{23}$
অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 1.1 \times 10^{10}y$

$\therefore \lambda = \frac{ln2}{T_{\frac{1}{2}}}$

$= \frac{ln2}{1.1 \times 10^{10} \times 365 \times 3600}$

$= 4.8 \times 10^{-17}\ s^{-1}$

প্রশ্ন ▶৩১



[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক. রিডবার্গ ধ্রুবক কী? ১

খ. পরমাণুর নিম্ন কক্ষপথ অপেক্ষা উচ্চ কক্ষপথের ইলেকট্রন মুক্ত করা সহজ কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তোমার মতে উচ্চতর কক্ষপথের ইলেকট্রনটি নিম্নতর কক্ষপথে গমন করলে কত কম্পাঙ্কের বিকিরণ নিঃসরণ করবে? ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রিডবার্গ ধ্রুবক, $R_H = \frac{me^4}{8h^3\epsilon_0{}^2c} = 1.097 \times 10^7 m^{-1}$

খ বোরের তত্ত্ব অনুযায়ী, পরমাণুর কোনো কক্ষপথের শক্তি $E_n = \frac{1}{n^2}E_1$ অর্থাৎ, দূরের কক্ষপথের শক্তি অপেক্ষাকৃত কম থাকে। ফলে উচ্চ কক্ষপথের ইলেকট্রনের শক্তিও কম থাকে। তাই উচ্চ কক্ষপথ হতে কম শক্তি ব্যয় করেই ইলেকট্রন মুক্ত করা যায়।

গ এখানে, প্রথম শক্তিস্তরের শক্তি, $E_1 = -13.6eV$
n-তম কক্ষপথের শক্তি, $E_n = -5.4 \times 10^{-5}eV$
বের করতে হবে, প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = ?

আমরা জানি, $E_n = \frac{E_1}{n^2}$

$\therefore n^2 = \frac{E_1}{E_n} = \frac{-13.6eV}{-5.4 \times 10^{-5}eV} = 251852$

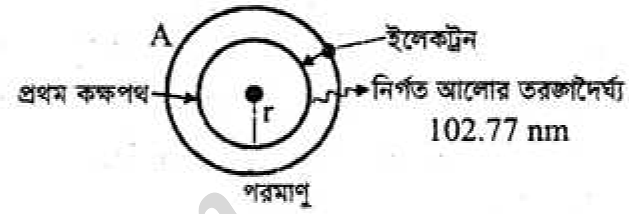
$\therefore n = \sqrt{251852} = 502$ **(Ans.)**

ঘ এখানে,
n = 2 স্তরের শক্তি, $E_2 = -3.4$ eV
n = 1 স্তরের শক্তি, $E_1 = -13.6$ eV
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s
বের করতে হবে, কম্পাঙ্ক, ν = ?
আমরা জানি, $E_2 - E_1 = h\nu$

$\therefore \nu = \frac{E_2 - E_1}{h} = \frac{(-3.4 + 13.6)\ eV}{6.63 \times 10^{-34}\ J.s} = \frac{10.2 \times 1.6 \times 10^{-19}\ J}{6.63 \times 10^{-34}\ J.s}$

$= 2.46 \times 10^{15}$ Hz **(Ans.)**

প্রশ্ন ▶৩২ আমেরিকার 'বেল' ল্যাবরেটরিতে গবেষণারত দুই বন্ধু দীপংকর ও রাকিব H-পরমাণুর বর্ণালী পরীক্ষা করছে। দীপংকর, রাকিবকে বলল উচ্চ কক্ষপথ হতে ইলেকট্রন প্রথম কক্ষপথে গমন করলে অতিবেগুনী তরঙ্গের বর্ণালীর উৎপত্তি হয়। নির্দিষ্ট কক্ষপথ 'A' এর জন্য তারা বর্ণালী পর্যবেক্ষণ করল এবং 'A' কক্ষপথটি কততম তা রাকিব, দীপংকর থেকে জেনে নিল।



[মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা]

ক. অর্ধায়ু কাকে বলে? ১

খ. তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত নিউক্লিয় ঘটনা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. r এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দীপংকর 'A' কক্ষপথটি কততম বলেছিল তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

খ নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় এবং তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের মাধ্যমে এক মৌল অন্য মৌলে পরিণত হয়। তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। বাইরের কোনো প্রক্রিয়া যেমন— তাপ, চাপ, তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র ইত্যাদি এ ঘটনাকে প্রভাবিত করতে পারে না। তেজস্ক্রিয়তায় নিউক্লিয়াসের বাইরের ইলেকট্রনের কোনো ভূমিকা নেই। সুতরাং তেজস্ক্রিয়তা সম্পূর্ণরূপে একটি নিউক্লীয় ঘটনা।

গ H– এর ১ম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r হলে,

$r = \frac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi me^2}$

$= \frac{1^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2 \times 8.854 \times 10^{-12}}{3.1416 \times 9.11 \times 10^{-31} \times (1.602 \times 10^{-19})^2}$

$= 5.3 \times 10^{-11}$ m. **(Ans.)**

এখানে,
কক্ষপথ, n = 1
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg
ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.602 \times 10^{-19}$ C
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

ঘ নির্গত আলোর শক্তি E হলে,

$E = \frac{hc}{\lambda}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{102.77 \times 10^{-9}}$

$= 1.9354 \times 10^{-18}$ J

$= 12.08$ eV

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 102.77$ nm $= 102.77 \times 10^{-9}$ m

এখন, A কক্ষপথের শক্তি E_A ও প্রথম কক্ষপথের শক্তি E_F হলে

$E_A - E_F = E$

বা, $E_A = E + E_F$

$= 12.08 + (-13.6)$

$= -1.52$ eV

এখানে,
১ম কক্ষপথের শক্তি, $E_F = -13.6$ eV.

এখন, A কক্ষ পথটি n তম হলে,

$E_A = \frac{E_F}{n^2}$

বা, $n^2 = \frac{E_F}{E_A}$

বা, $n = \sqrt{\frac{E_F}{E_A}}$

$= \sqrt{\frac{-13.6}{-1.52}}$

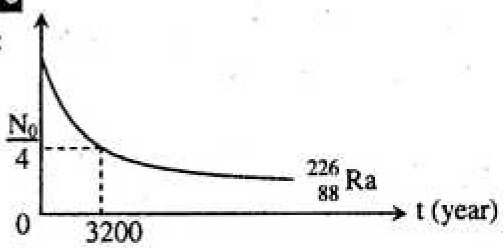
$= 2.99$

$\approx 3.$

অর্থাৎ, A কক্ষপথটি 3 তম বা তৃতীয় কক্ষপথ।

প্রশ্ন ▶ ৩৩

Case-1 :



Case-2 : $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n$ + শক্তি

$^{235}_{92}U$, $^{141}_{56}Ba$, $^{92}_{36}Kr$, $^{226}_{88}Ra$ নিউক্লিয়াসের, প্রোটন ও নিউট্রন-এর ভর যথাক্রমে 235.04 amu, 140.910 amu, 91.91 amu, 226.0001 amu, 1.00728 amu, 1.00867 amu। *[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]*

ক. ফিশন বিক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক $2.11 \times 10^{-6} s^{-1}$ বলতে কি বোঝায়? ২

গ. 2 গ্রাম Ra হতে প্রতি সেকেন্ডে কতটি পরমাণু ভেঙে যায়? ৩

ঘ. $^{226}_{88}Ra$ এর বন্ধনশক্তি ও $^{235}_{92}U$ এর ফিশন বিক্রিয়া হতে নির্গত শক্তি সমান হবে কী?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াস বিশ্লিষ্ট হয়ে প্রায় সমান ভরের দুটি নিউক্লিয়াস তৈরি করে এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে নিউক্লিয়ার ফিশন বলে।

খ রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক $2.11 \times 10^{-6} s^{-1}$ বলতে বোঝায় রেডনের একটি পরমাণুর এক সেকেন্ডে ভাঙনের সম্ভাব্যতা হলো 2.11×10^{-6}.

গ আদি পরমাণু সংখ্যা N_o হলে t = 3200 y বছর

অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = \frac{N_o}{4}$

সুতরাং অবক্ষয় ধ্রুবক λ হলে, $N = N_o e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N_o}{4} = N_o e^{-\lambda t}$ বা, $e^{-\lambda t} = 0.25$ বা, $-\lambda t = -1.3863$

$\therefore \lambda = \frac{1.3863}{t} = \frac{1.3863}{3200 \text{ y}}$

$= 4.332 \times 10^{-4} y^{-1}$

$= \frac{4.332 \times 10^{-4}}{365 \times 86400} s^{-1}$

$= 1.374 \times 10^{-11} s^{-1}$

∴ 2gm Ra-এ পরমাণুর সংখ্যা,

$N = \frac{2gm}{226 \text{ gm}} \times 6.023 \times 10^{23}$

$= 5.33 \times 10^{21}$

∴ 2 gm Ra হতে প্রতি সেকেন্ডে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা

$= \frac{dN}{dt} = -\lambda N$ [অবক্ষয় সূত্র হতে]

$= -1.374 \times 10^{-11} s^{-1} \times 5.33 \times 10^{21}$

$= 7.32 \times 10^{10}$

ঘ ফিশন বিক্রিয়ার পূর্বে সর্বমোট ভর $= M(_{92}U^{235}) + M(_0n^1)$

= 235.04 amu + 1.00867 amu = 236.049 amu

ফিশন বিক্রিয়ার পর সর্বমোট ভর $= M(_{56}Ba^{141}) + M(_{30}kr^{92}) + 3M(_0n^1)$

= 140.91amu + 91.91 amu + 3 × 1.00867 amu

= 235.85 amu

∴ ভর পার্থক্য = (236.049 – 235.85) amu = 0.199 amu

রূপান্তরিত শক্তি = 0.199 × 931 MeV = 185.27 MeV

$^{226}_{88}Ra$-এর প্রোটন ও নিউট্রনসমূহের সম্মিলিত ভর = 88 × 1.00728 + (226 – 88) × 1.00867 = 227.84 amu

কিন্তু Ra নিউক্লিয়াসের ভর = 226.0001 amu

তাহলে ভর পার্থক্য = 227.84 – 226.0001 = 1.8399 amu

রূপান্তরিত শক্তি = 1.8399 × 931 MeV = 1713 MeV

$\neq$ 185.27 MeV

সুতরাং $^{226}_{88}Ra$-এর বন্ধন শক্তি ও $^{235}_{92}U$-এর ফিশন বিক্রিয়া হতে নির্গত শক্তি সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ 2010 সালে রাশিয়ার পরমাণু গবেষণা কেন্দ্রে 20 gm পরিমাণের তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছিল। 2016 সালে দেখা গেল ঐ পদার্থের মাত্র 5 gm অবশিষ্ট আছে। *[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]*

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে? ১

খ. X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তেজস্ক্রিয় পদার্থটির অর্ধায়ু কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকটির তথ্যানুযায়ী 2025 সালে পদার্থটির কোনো অবশিষ্ট থাকবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল বস্তুর দৈর্ঘ্য ঐ পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় ঐ একই বস্তুর দৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোট হয়, এই প্রভাবকে দৈর্ঘ্য সংকোচন বলা হয়।

খ এক্স রশ্মি আহিত কণা নয়, তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। তাই তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা এক্স রশ্মি বিক্ষিপ্ত হয় না।

গ তেজস্ক্রিয় পদার্থটির অর্ধায়ু $T_{\frac{1}{2}}$ হলে,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\lambda = \frac{1}{t} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right)$

$= \frac{1}{6} \times \ln\left(\frac{20}{5}\right)$

বা, $\frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{6} \times \ln 4$

বা, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{6 \ln 2}{\ln 4}$

= 3 years **(Ans.)**

এখানে,
2010 সালে পদার্থের পরিমাণ, N_0 = 20 gm
2016 সালে পদার্থের পরিমাণ, N = 5 gm
সময় ব্যবধান, t = (2016 – 2010) y = 6 years
∴ অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}}$ = ?

ঘ তেজস্ক্রিয় পদার্থটির অবক্ষয় ধ্রুবক λ হলে,

$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}}$

$= \frac{\ln 2}{3} y^{-1}$

$= 0.23105 \ y^{-1}$

2025 সালে পদার্থটির অবশিষ্টাংশ N হলে,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

$= 5 \times e^{-0.23105 \times 9}$

$= 5 \times 0.4354$

$= 0.625$

এখানে,
2016 সালে অক্ষত তেজস্ক্রিয় পদার্থ, N_0 = 5 gm
সময়, t = 2025 – 2016 = 9 years

অর্থাৎ, 2025 সালেও আরও 0.625 gm অবশিষ্ট থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ রাশিয়ার মস্কোর পাশে অবস্থিত একটি এটোমিক বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের ক্ষমতা 4000 MW। এতে জ্বালানি হিসাবে U-235 ব্যবহার করা হয়। একটি ফিশন হতে 200 MeV শক্তি পাওয়া যায়। এক বছর পর দেখা গেল এক মোল জ্বালানি হতে 9.2755×10^{11} টি পরমাণু ক্ষয় হয়ে গেছে। *[আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী]*

ক. তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র কী? ১

খ. কোনো ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.31 eV বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. জ্বালানির অর্ধায়ু বের করো। ৩

ঘ. এক বছরে বিদ্যুৎকেন্দ্রে এক কেজির বেশি জ্বালানি খরচ হবে কি না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা সমানুপাতিক।

খ কোনো ধাতব পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগসম্পন্ন ইলেকট্রন নির্গত করতে যতটুকু শক্তির প্রয়োজন তাকে ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে। আবার কোনো একটি ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.31eV বলতে বুঝায়, ঐ ধাতব পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগসম্পন্ন ইলেকট্রন নির্গত করতে 2.31eV শক্তির ফোটনের প্রয়োজন হয়।

গ ৮ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 4.5×10^{11} year

ঘ বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের ক্ষমতা, $P = 4000$ MW

$\therefore$ এক বছরে উৎপাদিত শক্তি, $E = Pt$

$$= 4000 \times 10^6 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60$$
$$= 1.2614 \times 10^{17}\ J$$

1টি ফিশন হতে শক্তি, পাওয়া যায়, $E' = 200$ MeV

$$= 200 \times 10^6 \times 1.602 \times 10^{-19}\ J$$
$$= 3.204 \times 10^{-11}\ J$$

$\therefore$ এক বছরে ফিশন হবে, $N = \frac{E}{E'}$

$$= \frac{1.2614 \times 10^{17}}{3.204 \times 10^{-11}}$$
$$= 3.937 \times 10^{27}$$

$\therefore$ ইউরেনিয়াম পরমাণু ভাঙবে, $n = \frac{N}{N_A} = \frac{3.937 \times 10^{27}}{6.023 \times 10^{23}}$

$$= 6536.6\ \text{mole}$$

$\therefore$ ব্যবহৃত ইউরেনিয়ামের ভর,

$m = nM$

$= 6536.6 \times 235 \times 10^{-3}$

$= 1536.1$ kg

ইউরেনিয়ামের মোলার ভর,

$M = 235$ g

$= 235 \times 10^{-3}$ kg

অর্থাৎ, এক বছরে এক কেজির বেশি বরং 1536 kg ইউরেনিয়াম জ্বালানি খরচ হবে।

প্রশ্ন ▶৩৬ একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের বিভিন্ন সময়ে অক্ষত পরমাণুসংখ্যা নিচের ছকে দেয়া হলো:

সময় (t) দিন	0	10	t′
অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা	N_0	$N_0/3$	$N_0/5$

[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. 1 amu কী? ১

খ. নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন না থাকা সত্ত্বেও বিটা (β) রশ্মিতে ইলেকট্রনের উপস্থিতি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে t′-এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে $N_0 = 10^{20}$ হলে, উল্লিখিত মৌলের 1 দিনে কতটি ভাজ্গন সম্পন্ন হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্বন-12 আইসোটোপ এর পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশকে এক পারমাণবিক ভর (atomic mass unit বা a. m. u) ধরা হয়।

1 amu $= 1.66057 \times 10^{-27}$ kg

খ আমরা জানি, নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না, কিন্তু তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস থেকে বিটা রশ্মি নির্গত হয়, যা কিনা ঋণাত্মক আধানযুক্ত। তেজস্ক্রিয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে নিউট্রন ভেঙ্গেই বিটা রশ্মি উৎপন্ন হয়। এই নিউট্রন ভেঙ্গে একটি প্রোটন, একটি ইলেকট্রন ও একটি এ্যান্টি নিউট্রিনো তৈরি হয়। উৎপন্ন এই ইলেকট্রনই বিটা রশ্মি বা বিটা পার্টিকেল।

গ ক্ষয় ধ্রুবক λ হলে,

10 days পর,

$\frac{N_0}{3} = N_0 e^{-\lambda \times 10}$

$\therefore \lambda = 0.1099 d^{-1}$

$\therefore$ t′ সময় পর,

$\frac{N_0}{5} = N_0 e^{-\lambda t'}$

বা, $\frac{1}{5} = e^{-0.1099 \times t'}$

$\therefore t' = 14.65$ days **(Ans.)**

দেওয়া আছে,

0 d পর $N = N_0$

10 d পর $N = \frac{N_0}{3}$

t′ d পর $N = \frac{N_0}{5}$

ঘ $N_0 = 10^{20}$

$\therefore$ 1 day শেষে অক্ষত কণা,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$
$$= 10^{20} \times e^{-0.1099 \times 1}\ [\text{'গ' হতে } \lambda = 0.1099\ d^{-1}]$$
$$= 8.96 \times 10^{19} = 0.896 \times 10^{20}$$

$\therefore$ 1 দিনে ভাঙন সম্পন্ন হয়েছে $= N - N_0$

$$= (1 - 0.896) \times 10^{20}$$
$$= 0.104 \times 10^{20}$$
$$= 1.04 \times 10^{19}\text{টি}$$

অতএব, উদ্দীপকে উল্লিখিত প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যার জন্য 1 দিনে 1.04×10^{19}টি পরমাণুর ভাঙন সম্পন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶৩৭ এক খণ্ড রেডিয়ামে 6.023×10^{23} টি অক্ষত পরমাণু ছিল। এক বছর পর দেখা গেল 6.000×10^{23} টি পরমাণু ভেঙ্গে গেছে।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষ কাল অসীম ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রেডিয়াম মৌলটির অর্ধায়ু বের করো। ৩

ঘ. গাণিতিক যুক্তি দিয়ে দেখাও যে, পরবর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণু সংখ্যার বেশি হয়। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ মনে করি, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনায় আদি বা প্রারম্ভিক পরমাণুসংখ্যা N_o এবং অবক্ষয় ধ্রুবক λ হলে, t সময়ান্তে অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = N_o e^{-\lambda t}$

$N = 0$ হতে হলে, $N_o e^{-\lambda t} = 0$ বা, $e^{-\lambda t} = 0$

বা, $\frac{1}{e^{\lambda t}} = 0$ বা, $e^{\lambda t} = \frac{1}{0} = \infty$ বা, $\lambda t = \infty$

$\therefore t = \frac{\infty}{\lambda} = \infty$

সুতরাং, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ পুরোপুরি নিঃশেষ হতে অসীম পরিমাণ সময় লাগে।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৩৮ A ও B দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল পরীক্ষাগারে রাখা হলো। উহাদের ভর যথাক্রমে 100gm এবং 80gm। 20 দিন পর দেখা গেলো যে উহাদের পরিমাণ যথাক্রমে 60gm ও 50gm আছে।

[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]

ক. ভর-ত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়-সূচক সমীকরণ হতে অর্ধায়ু ও ক্ষয়-ধ্রুবকের সম্পর্ক দেখাও। ২

গ. উদ্দীপকে A- মৌলের অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে A -মৌলের 25% ও B মৌলের 20% ক্ষয় হতে একই সময় লাগে-এ তথ্যটি সঠিক কি? ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

আমরা জানি, $N = N_0e^{-\lambda t}$

যদি অর্ধায়ু T হয় তাহলে T সময় পর, $N = \frac{N_0}{2}$

$\therefore \frac{N_0}{2} = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$

বা, $\log_e\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda T$ বা, $\log_e1 - \log_e2 = -\lambda T$

বা, $-\log_e2 = -\lambda T$ $[\because \log_e1 = 0]$

$\therefore T = \frac{\log_e2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$

অতএব, অর্ধায়ু ও ক্ষয়ধ্রুবক পরস্পর ব্যাস্তানুপাতিক।

গ

এখানে,
আদি ভর, $W_0 = 100$ gm
সময়, $t = 20$ d
শেষ ভর, $W = 60$ gm
ক্ষয় ধ্রুবক, $= \lambda$

এখন,

বা, $W = W_0e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{W}{W_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $ln\left(\frac{W}{W_0}\right) = -\lambda t$

বা, $\lambda = \frac{-\ln\left(\frac{60}{100}\right)}{t}$

$= 0.026\ d^{-1}$

এখন, অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$

$= \frac{0.693}{0.026}$

$= 26.65$ d **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, A মৌলের অর্ধায়ু $t_{\frac{1}{2}} = 26.65$ d

$\therefore$ A মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{26.65}$

$= 0.026 d^{-1}$

A মৌলের 25% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকে (100 – 25)% বা 75%

এখন, $N = N_0\ e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

বা, $t = -\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\lambda}$ .... (i)

$= \frac{-\ln\left(\frac{0.75N_0}{N_0}\right)}{0.026}$

$= 11.06$ d

(i) হতে পাই, B মৌলের জন্য

এখানে,
আদি ভর, $N_0 = 80$gm
শেষ ভর, $N = 50$ gm

$\lambda = \frac{-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{t}$

$= \frac{-\ln\left(\frac{50}{80}\right)}{20}$

$= 0.024\ d^{-1}$

আবার, B মৌলের 20% ক্ষয় হলে অক্ষত থাকে 80%

$\therefore t = \frac{-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\lambda}$

$= \frac{-\ln\left(\frac{0.8N_0}{N_0}\right)}{0.024}$

$= 9.30$ d

অতএব, দেখা যাচ্ছে যে, A এর 25% এবং B এর 20% ক্ষয় হতে সময় একই লাগে এই তথ্যটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ X ও Y তেজস্ক্রিয় মৌলদ্বয়ের মধ্যে X এর অর্ধায়ু Y এর অর্ধায়ুর 1.5 গুণ। Y এর ক্ষয় ধ্রুবক $0.271d^{-1}$।

[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]

ক. উষ্ণতামিতি ধর্ম কী? ১
খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ঋণাত্মক হয় কেন? ২
গ. X-মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উভয় মৌলের 25% অক্ষত থাকতে প্রয়োজনীয় সময় একই হবে না কি ভিন্ন হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপমাত্রার পরিবর্তনে পদার্থের যে বিশেষ ধর্ম সুষমভাবে পরিবর্তিত হয় এবং যে ধর্মের পরিবর্তন লক্ষ করে তাপমাত্রা নির্ণয় করা হয়, তাকে উষ্ণতামিতি ধর্ম বলে।

খ যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোন তাপ সিস্টেমে আসে না তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। যেহেতু রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে কোন তাপ প্রবেশ করতে পারে না বা সিস্টেম থেকে কোন তাপ বেরিয়ে যেতে পারে না, সুতরাং, $dQ = 0$। অতএব তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র থেকে আমরা পাই,

$O = dU + dW$

$\therefore dW = -dU$

রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি দ্বারা সম্পাদিত হয় বলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি তথা তাপমাত্রা হ্রাস পায় অর্থাৎ সিস্টেম শীতল হয়।
অর্থাৎ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির মান ঋণাত্মক।

গ x এর গড় আয়ু,

এখানে,
Y এর ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_y = 0.271d^{-1}$
$t_{1/2}(X) = 1.5t_{1/2}(Y)$

$\tau_X = \frac{1}{\lambda_X}$

$= \frac{t_{1/2}(X)}{ln\ 2}$

$= \frac{1.5.t_{1/2}(Y)}{ln\ 2}$

$= \frac{1.5}{\lambda Y}$

$= \frac{1.5}{0.271}$ d

$= 5.53$d **(Ans.)**

ঘ Y মৌলের অর্ধায়ু

এখানে,
Y এর ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_Y = 0.271d^{-1}$

$T_Y = \frac{0.693}{\lambda_Y}$

বা, $T_Y = \frac{0.693}{0.271}$

$= 2.56$d

$\therefore$ উদ্দীপক হতে, X এর অর্ধায়ু, $T_x = 2.56 \times 1.5$

$= 3.84$ d

X এর ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_X = \frac{0.693}{3.84}$

$= 0.18\ d^{-1}$

X মৌলের 25% অক্ষত থাকতে প্রয়োজনীয় সময় t_X

এখন, $N = N_0 e^{-\lambda_x t_x}$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda_x t_x}$$

বা, $ln\frac{N}{N_0} = -\lambda_X t_X$

বা, $t_X = \frac{\ln\frac{N_0}{N}}{\lambda_X}$

$$= \frac{ln\left(\frac{N_0}{0.25N_0}\right)}{0.18}$$

$$= 7.7 \text{ d}$$

একইভাবে, $t_Y = \frac{ln\frac{N_0}{N}}{\lambda_Y}$

$$= \frac{ln\left(\frac{N_0}{0.25N_0}\right)}{0.271}$$

$$= 5.12 \text{ d}$$

অতএব, সময় একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪০ কোন একটি পরমাণুর দ্বিতীয় বোর কক্ষপথ থেকে একটি ইলেকট্রন বিচ্যুত করতে কমপক্ষে 3.4eV শক্তির প্রয়োজন আবার ইলেক্ট্রনটি $2.9 \times 10^8 ms^{-1}$ দ্রুতিতে চলতে পারে।

[নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ]

ক. রেকটিফায়ার কী? ১

খ. কম্পটন ক্রিয়াতে বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. গতিশীল অবস্থায় ইলেকট্রনের ভরের পরিবর্তন কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ইলেকট্রনটির গতিশীল অবস্থার সমস্ত ভর শক্তিতে পরিণত হলে ইলেকট্রনটি দ্বিতীয় বোর কক্ষপথ থেকে বিচ্যুত হবে কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্রের সাহায্যে এসি তড়িৎপ্রবাহকে ডিসি তড়িৎপ্রবাহে পরিণত করা যায় অর্থাৎ তড়িৎপ্রবাহকে একমুখী করা যায়, তাকে রেকটিফায়ার বলে।

খ কম্পটন ক্রিয়ার সময় ফোটন ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষের সময় ফোটনটি ইলেকট্রনকে কিছু পরিমাণ শক্তি প্রদান করে। ফলে বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি আপতিত ফোটনের শক্তি অপেক্ষা কম হয়। আর শক্তি কমে যাওয়ায় বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি হয়, অর্থাৎ তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়।

গ

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.9 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$

$$= 3.55 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

এখানে,
ইলেকট্রনের বেগ, $v = 2.9 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$kg

ইলেকট্রনের ভরের পরিবর্তন, $m - m_0$

$$= 3.55 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}$$

$$= 2.64 \times 10^{-30} \text{ kg } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই ইলেকট্রনটির গতিশীল অবস্থার ভর,

$$m = 3.55 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

শক্তি, $E = mc^2$

$$= 3.55 \times 10^{-30} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 3.195 \times 10^{-13} \text{J}$$

$$= 1.997 \times 10^6 \text{ eV} >>> 3.4 \text{ eV}$$

কিন্তু ইলেকট্রনটিকে দ্বিতীয় বোর কক্ষপথ থেকে বিচ্যুৎ করতে কক্ষপথে 3.4 eV শক্তির প্রয়োজন। অতএব, ইলেকট্রনটি বিচ্যুত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪১ Na পরমাণুর তৃতীয় কক্ষপথের একটি ইলেকট্রন উত্তেজিত অবস্থা হতে শক্তি বিকিরণ করে দ্বিতীয় কক্ষপথে আসে। ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg এর চার্জ 1.6×10^{-19} C।

[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. Knee voltage কাকে বলে? ১

খ. Depletion Layer সৃষ্টির কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পরমাণুটির তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ইলেকট্রনটি শক্তির যে বিকিরণ নিঃসরণ করে তা দেখা যাবে কিনা— বিশ্লেষণ করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বনিম্ন যে পরিমাণ বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে P – N জাংশনের ডিপলেশন স্তর এর মধ্যদিয়ে চার্জ প্রবাহিত হয় অর্থাৎ P – N জাংশন কাজ করা শুরু করে তাকে knee voltage বলে।

খ p-type এবং n-type অর্ধপরিবাহী পাশাপাশি জোড়া লাগিয়ে P – N জাংশন তৈরি করা হয়। p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে ঋণাত্মক গ্রাহক আয়ন ও n-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে ধনাত্মক দাতা আয়ন থাকে। বাইরে থেকে কোনো ভোল্টেজ প্রয়োগ না করলে এই দাতা ও গ্রহীতা আয়ন P – N জংশন এর সংযোগস্থলে জমা হয়ে যে স্তর সৃষ্টি করে তাকে Deptetion Layer বলে। বাইরে থেকে ভোল্টেজ প্রয়োগ না করলে Deptetion Layer এর মধ্য দিয়ে চার্জ চলাচল করতে পারে না।

গ n তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,

$$r_n = \frac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi me^2Z}$$

$$= \frac{n^2}{Z}\left(\frac{h^2\epsilon_0}{\pi me^2}\right)$$

$$= \frac{n^2}{Z} \times 0.53 \text{ Å}$$

$$= \frac{3^2}{11} \times 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$= 0.43 \text{ Å } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পরমাণুর প্রোটন সংখ্যা, $Z = 11$
তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, $r = ?$
কক্ষপথের ক্রম, $n = 3$

ঘ রিডবার্গ ধ্রুবক, $R_H = \frac{m_e e^4 Z^2}{8h\epsilon_0^2 c}$

Na পরমাণুর জন্য, $Z = 11$

$\therefore R_H = 109678 \text{ cm}^{-1} \times (11)^2$

$= 13271038 \text{ cm}^{-1}$

এখন, $n_1 = 2$

এবং, $n_2 = 3$

$$\therefore \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$= 13271038\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

বা, $\lambda = 5.43 \times 10^{-7}$ cm

$\therefore \lambda = 5.43 \times 10^{-9}$ m

যা দৃশ্যমান বর্ণালির বাইরে। অতএব তা দেখা যাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪২ একটি প্রাচীন সভ্যতার একটি কাঠের খেলনার তেজস্ক্রিয়তার মান 12 count/gm খেলনা কাঠটির নতুন অবস্থায় তেজস্ক্রিয় তার মান 20 count/gm কাল তেজস্ক্রিয় কার্বনের (C-14) অর্ধায়ু কাল 5600 বছর।

[অগ্রণী স্কুল এন্ড কলেজ, রাজশাহী]

ক. লেঞ্জের সূত্রটি লিখো। ১

খ. তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লিয়ার ঘটনা— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় কার্বনের অবক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কাঠের খেলনা থেকে ঐ সভ্যতার বয়স নির্ণয় করা সম্ভব কি? তোমার মতামত দাও। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো তড়িৎ চৌম্বক আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বা প্রবাহের দিক এমন হয় যে, তা সৃষ্টি হওয়া মাত্রই যে কারণে সৃষ্টি হয় সেই কারণকেই বাধা দেয়।

খ নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় এবং তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের মাধ্যমে এক মৌল অন্য মৌলে পরিণত হয়। তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। বাইরের কোনো প্রক্রিয়া যেমন— তাপ, চাপ, তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র ইত্যাদি এ ঘটনাকে প্রভাবিত করতে পারে না। তেজস্ক্রিয়তায় নিউক্লিয়াসের বাইরের ইলেকট্রনের কোনো ভূমিকা নেই। সুতরাং তেজস্ক্রিয়তা সম্পূর্ণরূপে একটি নিউক্লীয় ঘটনা।

গ ১৮ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $1.24 \times 10^{-4} y^{-1}$

ঘ 'গ' থেকে পাই, C – 14 এর অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 1.2375 \times 10^{-4}$ years^{-1}.

উদ্দীপকের কাঠের খেলনার বয়স t year হলে,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$

বা, $-\lambda t = \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

$\therefore t = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

এখানে,
নতুন অবস্থায় তেজস্ক্রিয়তা, N_0 = 20 count/gm
বর্তমানে তেজস্ক্রিয়তা, N = 12 count/gm
অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 1.2375 \times 10^{-4}$ years^{-1}

$= -\frac{1}{1.2375 \times 10^{-4}}\ln\left(\frac{12}{20}\right)$

$= 4127.88$ years.

অর্থাৎ, খেলনাটির বয়স নির্ণয় করা সম্ভব এবং তার বয়স 4127.88 years.

প্রশ্ন ▶৪৩ তেজস্ক্রিয় রেডনের অর্ধজীবন 3.82 দিন।

[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

ক. বন্ধন শক্তি কী? ১
খ. তেজস্ক্রিয়তা নিউক্লিয় ঘটনা হওয়া সত্ত্বেও বিটা কণা নির্গত হয় কেন? ২
গ. রেডনের 50% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উক্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থের সবগুলো পরমাণুর ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় গাণিতিক বিশ্লেষনের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেঁধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ তেজস্ক্রিয়তা নিউক্লীয় ঘটনা হওয়া সত্ত্বেও বিটা কণা নির্গত হয়। কারণ, ভারী নিউক্লিয়াসের নিউট্রন ভেঙে ইলেকট্রন ও প্রোটন উৎপন্ন হয়। পরবর্তীতে ইলেকট্রনগুলো β-কণা হিসেবে নির্গত হয়।

গ

ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$

$= \frac{0.693}{3.82}$

$= 0.1814\ d^{-1}$

এখানে,
অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = 3.82d$
50% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময়, t = ?

50% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা 50%

$\therefore N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $ln\frac{N}{N_0} = -\lambda t$

বা, $t = \frac{ln\frac{N_0}{N}}{\lambda}$

$= \frac{ln\left(\frac{N_0}{0.5N_0}\right)}{0.1814}$

$= 3.82$ d **(Ans.)**

ঘ

এখন, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $ln\frac{N}{(N_0)} = -\lambda t$

বা, $t = \frac{-ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\lambda}$

$= \frac{-ln\left(\frac{0}{N_0}\right)}{0.1814}$

$= \infty$

এখানে,
রেডনের অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = 3.82d$
সবগুলো পরমাণু ক্ষয় হলে অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, N = 0
এক্ষেত্রে সময়, t = ?
'গ' হতে $\lambda = 0.1814 d^{-1}$

অর্থাৎ প্রয়োজনীয় সময় অসীম হবে।

প্রশ্ন ▶৪৪ নিউক্লিও পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে তেজস্ক্রিয় পদার্থ নিয়ে গবেষণা করা হচ্ছিল। ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 30 দিন।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]

ক. n-type অর্ধপরিবাহীর গরিষ্ঠ আধান বাহকের নাম লিখো। ১
খ. উন্মুক্ত সিস্টেম এর উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উল্লিখিত তেজস্ক্রিয় পদার্থটির গড় আয়ু ও অর্ধায়ুর অনুপাত নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উক্ত পদার্থটির $\frac{1}{8}$ অংশ ক্ষয় হতে কত সময় লাগতে পারে বলে তুমি মনে করো— গাণিতিক হিসাবের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক n – type অর্ধপরিবাহকের গরিষ্ঠ আধান বাহকের নাম ইলেকট্রন।

খ যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে ভর ও শক্তি উভয়ই বিনিময় করতে পারে তাকে উন্মুক্ত সিস্টেম বলে। একটি গ্যাস সিলিন্ডার ছিদ্র করে রেখে দিলে এটি একটি উন্মুক্ত সিস্টেম হবে। এক্ষেত্রে ছিদ্র দিয়ে গ্যাস বের হয়ে পরিবেশের সাথে মিশে যাবে এবং এর অভ্যন্তরে তাপমাত্রা হ্রাস পাবে। কেননা গ্যাস ছিদ্র হতে বের হবার জন্য অভ্যন্তরীণ শক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হবে।

গ ধরি, তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু = τ

এবং অর্ধায়ু = $T_{\frac{1}{2}}$

এখন, অবক্ষয় ধ্রুবক λ হলে,

অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

এবং গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

$\therefore \frac{\text{গড় আয়ু, } \tau}{\text{অর্ধায়ু, } \lambda} = \frac{1/\lambda}{\frac{\ln 2}{\lambda}}$

$= \frac{1}{\ln 2}$

$= 1.443$

$\therefore \frac{\text{গড় আয়ু}}{\text{অর্ধায়ু}} = 1.44\,3:1$

ঘ দেওয়া আছে, অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 30$ d

$\therefore$ ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$

$= \frac{0.693}{30\ d}$

$= 0.0231\ d^{-1}$

এখানে, অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N হলে

$N = N_0\left(1 - \frac{1}{8}\right)$

বা, $N = \frac{7}{8}N_0$

আমরা জানি, $N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{7}{8}N_o = N_0e^{-0.0231t}$

বা, $e^{-0.0231t} = \frac{7}{8}$

বা, $-0.0231t = \ln\left(\frac{7}{8}\right)$

বা, $t = \frac{\ln\left(\frac{7}{8}\right)}{-0.0231}$

বা, $t = 5.78$ y

উক্ত পদার্থটির $\frac{1}{8}$ অংশ ক্ষয় হতে 5.78 বছর লাগবে।

প্রশ্ন ▶৪৫ A ও B দুইটি তেজস্ক্রিয় মৌল। এদের অর্ধায়ু যথাক্রমে 9 দিন এবং 6 দিন। *[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা]*

ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উভয় মৌলের 40% ক্ষয় হতে কোনটির অধিক সময় লাগবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ এক্স রশ্মি আহিত কণা নয়, তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। তাই তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা এক্স রশ্মি বিক্ষিপ্ত হয় না।

গ ১৩ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 12.98 day

ঘ ১৩ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ▶৪৬ রেডনের দুটি নমুনা পরীক্ষায় একজন ছাত্রী দেখল যে, প্রথম এবং দ্বিতীয় নমুনায় অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা ছিল যথাক্রমে 10^{12} টি এবং 10^{10}টি। রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক $0.181d^{-1}$। ছাত্রীটির ধারণা ছিল যে, 15 দিনে নমুনা দুটিতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়েছে। *[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. অবক্ষয় ধ্রুবক কি? ১

খ. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম নমুনার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে ছাত্রীটির ধারণার যথার্থতা ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক বা অবক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ আলোক রশ্মি যখন কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয় তখন ধাতব পৃষ্ঠের ইলেকট্রন আলোক রশ্মি থেকে শক্তি গ্রহণ করে। যখনই ইলেকট্রন দ্বারা গৃহীত শক্তি ধাতব পৃষ্ঠে তার বন্ধন শক্তির চেয়ে বেশি হয়, তখনই ইলেকট্রন ধাতব পৃষ্ঠ থেকে বেরিয়ে আসে। আলোকের প্রভাবে ইলেকট্রন নির্গত হয় বলে এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

গ দেওয়া আছে,

রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 0.181\ d^{-1}$

বের করতে হবে, অর্ধায়ু, T = ?

আমরা জানি, $T = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{0.181\ d^{-1}} = 3.83$ day

অর্থাৎ 3.83 দিন পর রেডনের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হয়। **(Ans.)**

ঘ প্রদত্ত সময়কাল, t = 15 day

প্রাথমিক পরমাণু সংখ্যা = N_{0_1}

t সময় পরে অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N_1 = N_{0_1}e^{-\lambda t}$

এ সময়কালে প্রথম নমুনায় ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যা

$= N_{0_1} - N_1 = N_{0_1} - N_{0_1}e^{-\lambda t} = N_{0_1}(1 - e^{-\lambda t})$

$= 10^{12} \times (1 - e^{-0.181d^{-1} \times 15d}) = 9.34 \times 10^{11}$

এবং দ্বিতীয় নমুনায় ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যা = $N_{0_2} - N_2$

$= N_{0_2} - N_{0_2}e^{-\lambda t} = N_{0_2}(1 - e^{-\lambda t})$

$= 10^{10}(1 - e^{-0.181d^{-1} \times 1 \times 5d}) = 9.34 \times 10^9$

যেহেতু $9.34 \times 10^{11} \neq 9.34 \times 10^9$

সুতরাং গত 15 দিনে দুটি নমুনাতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয় নি। অর্থাৎ ছাত্রীটি ধারণা ভুল।

প্রশ্ন ▶৪৭ একটি তেজস্ক্রিয় নিউক্লাইডের অর্ধায়ু 30 বছর। দু'জন ছাত্র এই নিউক্লাইডের 60 বছর এবং 90 বছর পর শতকরা কতটুকু অবশিষ্ট থাকবে তার একটি গাণিতিক হিসাব করল এবং শিক্ষক তাদের হিসাব নির্ভুল বলে রায় দিল। *[নওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]*

ক. তেজস্ক্রিয়তা কাকে বলে? ১

খ. ক্ষয় ধ্রুবক বেশি হলে অর্ধায়ু কেমন হবে তার ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম ছাত্রের গাণিতিক হিসাব কেমন ছিল? ৩

ঘ. ১ম ছাত্রের হিসাবের সাথে ২য় ছাত্রের হিসাবের অনুপাত নির্ণয় কর এবং উভয় হিসাব অনুযায়ী লেখচিত্র অংকন করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ঘটনাকে বলা হয় তেজস্ক্রিয়তা।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

আমরা জানি, $N = N_0e^{-\lambda t}$

যদি অর্ধায়ু T হয় তাহলে T সময় পর, $N = \frac{N_0}{2}$

$\therefore \frac{N_0}{2} = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$

বা, $\log_e\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda T$ বা, $\log_e 1 - \log_e 2 = -\lambda T$

বা, $-\log_e 2 = -\lambda T$ $\quad [\because \log_e 1 = 0]$

$\therefore T = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$

অতএব, অবক্ষয় ধ্রুবক বেশি হলে অর্ধায়ু কম হবে।

গ

নিউক্লাইড ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{30}$ $= 0.0231\ y^{-1}$	এখানে, নিউক্লাইডের অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = 30y$; ১ম ছাত্রের জন্য সময়, t = 60y; ১ম ছাত্রের 60 y পর অবশিষ্ট সংখ্যা, N = ?

60 y পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N হলে,

$N = N_0\ e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

$= e^{-0.0231 \times 60}$

$= 0.25$

$= 25\%$ **(Ans.)**

ঘ

'গ' হতে নিউক্লাইডের ক্ষয় ধ্রুবক $= 0.0231\ y^{-1}$ $\therefore$ 90y পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা	এখানে, ২য় ছাত্রের জন্য সময়, t = 90 y; অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, N = ?

জানা আছে, $N = N_0\ e^{-\lambda t}$

$= N_0\ e^{-0.0231 \times 90}$

$= 0.125\ N_0$

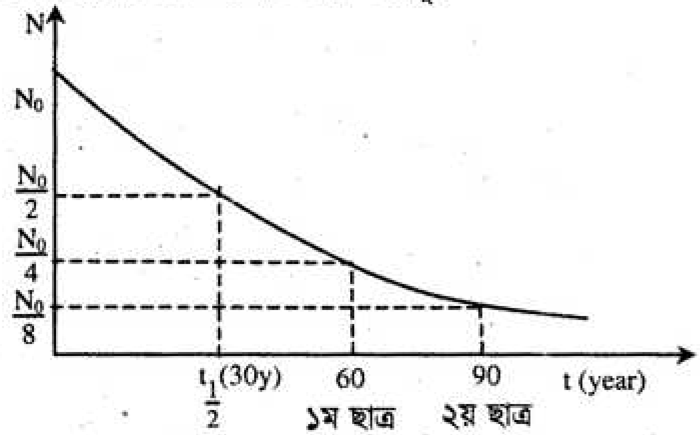
বা, $\frac{N}{N_0} = 0.125$

বা, $\frac{N}{N_0} = 12.5\%$

আবার, 'গ' হতে ১ম ছাত্রের জন্য $\frac{N}{N_0} = 25\%$

২য় ছাত্র ও ১ম ছাত্রের হিসাবের অনুপাত $= \frac{12.5}{25} = 0.5 = 50\%$

প্রাপ্ত উপাত্তের ভিত্তিতে অঙ্কিত গ্রাফ নিম্নরূপ—



চিত্র : সময়ের সাথে অবক্ষয় হার

প্রশ্ন ▶ ৪৮ Z আণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট একটি হাইড্রোজেন সদৃশ পরমাণুর 2n উত্তেজিত অবস্থা হতে 204 eV এর একটি ফোটনের নিঃসরণ হতে পারে। যদি 2n শক্তি স্তর হতে n শক্তি স্তরের স্থানান্তর বিবেচনা করা হয় তবে 40.8 eV এর একটি ফোটনের নিঃসরণ ঘটে।
[প্রথম শক্তি স্তরের শক্তির মান –13.6 eV.] *[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]*

ক. ফিউশন কী? ১

খ. নিউক্লিয়াস হতে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন α ও β কণা নির্গত হয়। এই শক্তির উৎস কোথায়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পরমাণুটির ২য় বোর কক্ষের ব্যাসার্ধ বের করো। ৩

ঘ. পরমাণুটির ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন কি পরিমাণ শক্তির নিঃসরণ হতে পারে তা উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অত্যন্ত দ্রুত গতিসম্পন্ন দুটি হালকা নিউক্লিয়াসের মধ্যে সংঘর্ষ ঘটলে এরা পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে একটি নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং প্রচন্ড শক্তি নিগত হয়। একে নিউক্লীয় ফিউশন বলে।

খ পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভাঙনের সময় 1টি নিউট্রন ভেঙে 1টি প্রোটন ও 1টি ইলেকট্রন তৈরি করে। এ ইলেকট্রনটি হতে β কণা নির্গত হয়।

আবার নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলে দুটি প্রোটন ও দুটি নিউট্রন মিলে α কণা হিসেবে নির্গত হয়।

নিউক্লিয়াস ভাঙনের ফলে এ সময় যে শক্তি নির্গত হয় সে শক্তি নিয়ে উৎপন্ন α ও β কণা উচ্চবেগ নিয়ে বেরিয়ে যায়।

গ এখানে, প্রথম স্তরের শক্তির মান –13.6 eV থেকে বোঝা যাচ্ছে এটি হাইড্রোজেন পরমাণু।

হাইড্রোজেনের n তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ

$r_n = n^2 \times 0.53Å$

$\therefore r_2 = 2^2 \times 0.53Å$

$= 2.12Å$

$= 2.12 \times 10^{-10}m$ **(Ans.)**

ঘ পরমাণুটির ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন শক্তি নিঃসরণ হতে পারে যখন ইলেকট্রন দ্বিতীয় শক্তিস্তর থেকে প্রথম শক্তি স্তরে গমন করবে।

এক্ষেত্রে শক্তির মান হবে—

$\Delta E = E_2 - E_1$

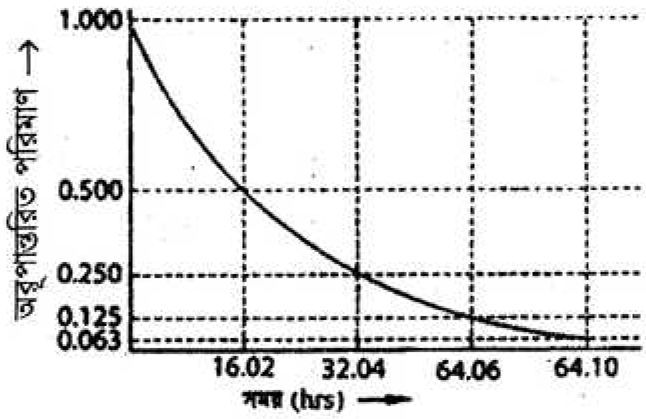
$= \frac{E_1}{2^2} - E_1$

$= \left(\frac{1}{4} - 1\right) E_1$

$= -\frac{3}{4} \times (-13.6 \text{ eV}) = 10.2 \text{ eV}$

অতএব, পরমাণুটির ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন 10.2eV মানের শক্তি নিঃসরণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ কোন এক পরীক্ষাগারে একটি সদ্যজাত Am-242 মৌলের রূপান্তরের পর্যবেক্ষণের লেখচিত্র নিম্নরূপ:



[রাঙামাটি সরকারি কলেজ]

ক. কোন পদার্থের 2 amu এর সমতুল্য শক্তি 1863 MeV বলতে কি বোঝ? ১

খ. আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় উৎপন্ন ইলেকট্রনের গতিশক্তি আপতিত ফোটনের চেয়ে কম হয় কেন? ২

গ. Am-242 মৌলের গড় জীবন হিসাব করো। ৩

ঘ. পর্যায়বেক্ষণে Am-242 মৌলটি তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের নিয়ম পুরোপুরি মেনেছে কিনা পর্যালোচনা করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন পদার্থের 2 a.m.u এর সমতুল্য শক্তি 1863 MeV বলতে বোঝায় ঐ পদার্থের 2a.m.u পরিমাণ ভরকে সম্পূর্ণরূপে শক্তিতে রূপান্তর করলে 1863 MeV শক্তি উৎপন্ন হয়।

খ আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় যখন ফোটন ধাতুর উপর আপতিত হয় তখন তার গতিশক্তির একটি অংশ ধাতু হতে ইলেকট্রন নির্গত করার কাজে কার্যাপেক্ষক হিসেবে ব্যয় হয়।

অবশিষ্ট শক্তি নির্গত ইলেকট্রনে স্থানান্তরিত হয়। যা ইলেকট্রনকে গতিশীল করে। একারণে আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় ইলেকট্রনের গতিশক্তি আপতিত ফোটনের চাইতে কম হয়।

গ

এখানে,
চিত্র হতে অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = 16.02$ hrs
গড় জীবন, $\tau = ?$

ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{16.02}$

$= 0.0433 \text{ hr}^{-1}$

এখন, গড় জীবন, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

$= \frac{1}{0.0433}$

$= 23.117$ hr.

ঘ এখানে,

$\frac{N_1}{N_0} = \frac{0.5}{1} = \frac{1}{2}$; অর্ধায়ু, $\tau = 16.02$ hrs

$\frac{N_2}{N_1} = \frac{0.25}{0.5} = \frac{1}{2}$; $\Delta t_2 = (32.04 - 16.02)$ hrs

$= 16.02$ hrs

$= \tau$

$\frac{N_3}{N_2} = \frac{0.125}{0.250} = \frac{1}{2}$; $\Delta t_3 = (64.06 - 32.04)$ hr

$= 32.02$

$\neq \tau$

$\frac{N_4}{N_3} = \frac{0.063}{0.125} = \frac{1}{2}$; $\Delta t_4 = (64.1 - 64.06)$ hr

$= 0.04$h

$\neq \tau$

অতএব, মৌলটি প্রথম দুই অর্ধ ভাঙনে তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের নিয়ম মেনে চললেও পরবর্তী ক্ষেত্রে মানেনি।

প্রশ্ন ▶ ৫০ আনবিক শক্তি কমিশনের একজন বিজ্ঞানী 50gm এবং 80gm ভরের দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ নিয়ে কাজ করছিলেন। এদের অর্ধায়ু যথাক্রমে 8 দিন এবং 4 দিন। এক মাস ব্যাপী পরীক্ষাকার্য সম্পাদনের জন্য তার ন্যূনতম 3gm মৌলের প্রয়োজন।

[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]

ক. X-ray ক্রিয়া কী? ১

খ. কোন ধাতুর ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার তার কার্যাপেক্ষকের উপর নির্ভর করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মৌলটির গড় আয়ু কত? ৩

ঘ. বিজ্ঞানী তাঁর পরীক্ষাকার্য মৌলগুলো দ্বারা সময়মতো সম্পাদন করতে পারবে কিনা মতামত দাও। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোন ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন অজানা প্রকৃতির এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়, এ বিকিরণকে এক্স-রে বলে।

খ যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বা ফটো তড়িৎ ক্রিয়া বলে। কিন্তু প্রত্যেকটি ধাতব পৃষ্ঠের জন্য একটি সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ক আছে যা অপেক্ষা কম কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। এ সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ককে ঐ নির্দিষ্ট ধাতব পদার্থের জন্য সূচন কম্পাঙ্ক বলে। কোনো ধাতব পৃষ্ঠ থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার জন্য ঐ ধাতুর জন্য নির্দিষ্ট সূচন কম্পাঙ্কের বা তার চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের আলো আপতিত হতে হবে। নচেৎ, কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না- ফলে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে না। সুতরাং বলা যায়, 'কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল'।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : প্রথম বস্তুর 11.54 day
দ্বিতীয় বস্তুর 5.77 day

ঘ প্রথম ও দ্বিতীয় মৌলদ্বয়ের অবক্ষয় ধ্রুবক যথাক্রমে λ_1 ও λ_2 হলে,

$$\lambda_1 = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{8} = 0.0866\ day^{-1}$$

$$\lambda_2 = \frac{0.693}{4} = 0.1733\ day^{-1}$$

এক মাস পর অর্থাৎ 30 দিন পর যদি মৌলদ্বয়ের যথাক্রমে N_1 ও N_2 পরিমাণ অবশিষ্ট থাকে, তবে,

$$N_1 = N_{0_1}e^{-\lambda_1 t} = 50 \times e^{-0.0866 \times 30} = 3.72\ g$$

এখানে, প্রাথমিক পরিমাণ $N_{0_1} = 50gm$

$$N_1 = N_{0_1}e^{-\lambda_2 t} = 80 \times e^{-0.1733 \times 30} = 4.42\ g$$

এখানে, প্রাথমিক পরিমাণ $N_{0_1} = 80g$

যেহেতু বিজ্ঞানীর পরীক্ষা সময়মতো শেষ করতে একমাসে ন্যূনতম 3g লাগবে এবং দুই মৌলের ক্ষেত্রেই মাস শেষে যথাক্রমে 3.72g ও 4.42g অবশিষ্ট থাকবে।

তাই বিজ্ঞানী তার পরীক্ষাকার্য সম্পাদন করতে পারবেন।

প্রশ্ন ▶ ৫১ ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু 12.5 বছর।

[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. রাদারফোর্ডের α কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষায় কিছু α কণা বেঁকে যাওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ট্রিটিয়ামের গড় আয়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ট্রিটিয়াম খন্ডটির $\frac{3}{4}$ অংশ ক্ষয় হতে সময় লাগবে 25 বছর—গাণিতিক বিশ্লেষণ মাধ্যমে দেখাও। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ রাদারফোর্ডের মতে পরমাণুর কেন্দ্রে রয়েছে নিউক্লিয়াস যেখানে সমস্ত ধনাত্মক আধান এবং ভর কেন্দ্রীভূত থাকে। এই নিউক্লিয়াসের চারদিকেই বিক্ষিপ্ত অবস্থায় রয়েছে ইলেকট্রন সমূহ। ধনাত্মক আধান যুক্ত অধিকাংশ α-কণা স্বর্ণপাতের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় প্রায় শূন্য জায়গার মধ্য দিয়ে সোজা পথে বের হয়ে যায়। যে সব α-কণা নিউক্লিয়াসের প্রায় কাছাকাছি আসবে তারা নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে হালকা বেঁকে যাবে। আর যে সব α-কণা নিউক্লিয়াসের দিকে মুখোমুখি হবে তারা ধাক্কা খেয়ে বিপরীতমুখে ফিরে আসবে।

গ

এখানে, ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = 12.5\ y$; গড় আয়ু, $\tau = ?$

অবক্ষয় ধ্রুবক,

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{12.5} = 0.05544\ y^{-1}$$

গড় আয়ু, $$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.05544} = 18.04\ y\ (Ans.)$$

ঘ

এখানে, 'গ' হতে ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 0.05544\ y^{-1}$
সময়, $t = 25y$
অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, $N = N_0 - \frac{3}{4}N_0 = \frac{1}{4}N_0$

এখন, $N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

বা, $t = -\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\lambda}$

বা, $t = \frac{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{\lambda}$

$$= \frac{\ln\left(\frac{\frac{1}{4}N_0}{N_0}\right)}{0.05544} = 25y$$

অতএব, গাণিতিকভাবে দেখা যায় যে, $\frac{3}{4}$ অংশ ক্ষয় হতে সময় লাগে 25 বছর।

প্রশ্ন ▶ ৫২ কোনো একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের প্রাথমিক অবস্থায় পরমাণু সংখ্যা 10^{44} এবং অর্ধায়ু 6 বছর।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

ক. রেকটিফায়ার কাকে বলে? ১

খ. ফিশন ও ফিউশন বিক্রিয়ার পার্থক্য ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে মৌলটির ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের মৌলটি 10 বছর পর শতকরা কত অংশ ক্ষয়প্রাপ্ত হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্রের সাহায্যে এসি তড়িৎপ্রবাহকে ডিসি তড়িৎপ্রবাহে পরিণত করা যায় অর্থাৎ তড়িৎপ্রবাহ একমুখী করা যায়, তাকে রেকটিফায়ার বলে।

খ

নিউক্লিয়ার ফিশন	নিউক্লিয়ার ফিউশন
i. নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে প্রায় সমান ভরের দুটি নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়।	i. ফিউশন বিক্রিয়ায় দুটি হাল্কা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে অপেক্ষাকৃত একটি ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে।
ii. ফিশনে অংশগ্রহনকারী মৌল সাধারণত তেজস্ক্রিয় হয়।	ii. ফিউশনে অংশগ্রহণকারী মৌল গুলো আয়নিত অবস্থায় থাকে।

গ দেওয়া আছে, অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 6y$

বের করতে হবে, ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{6y} = 0.1155\ y^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ এখানে, সময়কাল, $t = 10y$

এখানে, আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_o = 10^{44}$

10 বছর পর অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = N_o e^{-\lambda t}$

$= N_o e^{-0.1155y^{-1} \times 10y} = N_o e^{-1.155} = 0.315\ N_o$

শতকরা ক্ষয় প্রাপ্ত হবে $= \frac{N_o - 0.315\ N_o}{N_o} \times 100\% = 68.5\%$

প্রশ্ন ▶ ৫৩ কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরমাণুগুলো আপনাআপনিই ভাঙ্গতে থাকে। যে সময়ে অক্ষত পরমাণু সংখ্যা প্রাথমিক পরমাণু সংখ্যার অর্ধেক হয় তাকে অর্ধায়ু বলে। তেজস্ক্রিয় ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু 12.5 বছর। *[মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. গামা রশ্মি কী? ১

খ. দুটি নিউক্লিয়াসের একত্রিত হয়ে অত্যধিক শক্তি নির্গত হওয়াকে কি বলে উদাহরণসহ বর্ণনা করো। ২

গ. 25 বছর পর উদ্দীপকের ট্রিটিয়াম খণ্ডের কত অংশ অবশিষ্ট থাকবে? ৩

ঘ. অর্ধায়ু ক্ষয় ধ্রুবকের ব্যস্তানুপাতিক—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরমাণুর নিউক্লিয়াসের তেজস্ক্রিয়তার জন্য এর থেকে যে নিরক্ষেপ আধানযুক্ত তড়িৎ চুম্বকীয় বিকিরণ হয় তাকে গামা রশ্মি বলে।

খ একাধিক হালকা পরমাণুর নিউক্লিয়াসের সংযুক্তির ফলে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠিত হয় এবং প্রচুর পরিমাণে নিউক্লিয় শক্তি উৎপন্ন হয়। নিউক্লিয়াসের এই সংযোগকে নিউক্লীয় ফিউশন বলা হয়।

যেমন, ${}_1H^2 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1 +$ শক্তি

এক্ষেত্রে দুটি ডিওটেরনের সংযোগের ফলে একটি হিলিয়াম ${}_2He^3$ নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়। নিউক্লীয় ফিউশনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন নিউক্লিয়াসটির ভর সংযুক্ত। নিউক্লিয়াসগুলোর মোট ভর অপেক্ষা কিছু কম হয়। এই হ্রাসকৃত ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

গ

ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{12.5}$

$= 0.05544\ y^{-1}$

এখন,

$N = N_0\, e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-0.05544 \times 25}$

বা, $\frac{N}{N_0} = 0.25$

$= 25\%$ **(Ans.)**

এখানে,

ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু, $t_{\frac{1}{2}} = 12.5\ y$

ক্ষয়ধ্রুবক $= \lambda\ y^{-1}$

সময়, $t = 25\ y$

অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N = ?

ঘ কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক λ এবং t সময়ে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N হলে, ভাঙনের হার $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

বা, $\frac{dN}{N} = -\lambda dt$

এখন, $t = 0$ sec-এ $N = N_0$

এবং $t = t$ sec-এ $N = N$ হলে,

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

বা, $[\ln N]_{N_o}^{N^o} = -\lambda [t]_{t_0}^{t}$

বা, $\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$

এখন, $t = t_{\frac{1}{2}}$ (অর্ধায়ু) $N = \frac{N_0}{2}$ হবে।

$\ln \frac{N_o/2}{N_o} = -\lambda t_{\frac{1}{2}}$

বা, $\ln (0.5) = -\lambda t_{\frac{1}{2}}$

বা, $-0.693 = -\lambda t_{\frac{1}{2}}$

$\therefore t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$

$\therefore t_{\frac{1}{2}} \propto \frac{1}{\lambda}$

অতএব, অর্ধায়ু ক্ষয় ধ্রুবকের ব্যস্তানুপাতিক।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ একজন গবেষক A, B ও C তিনটি তেজস্ক্রিয় পদার্থকে গবেষণাগারে রেখে দিল। প্রত্যেক পদার্থের পরিমাণ ছিল 50gm। 2.5 বছর পর তিনি এদের ভর পরিমাণ করলেন যথাক্রমে 20gm, 25 gm ও 40 gm. *[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]*

ক. তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. পারস্পরিক আবেশ গুণাংক 5 হেনরি বলতে কী বোঝ? ২

গ. B পদার্থটির গড় আয়ু বের করো। ৩

ঘ. A মৌলের 25% এবং B মৌলের 15% ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাজানের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক।

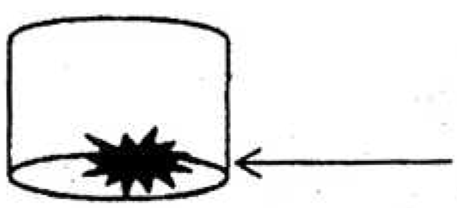
খ পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক 5 হেনরি'-এর অর্থ দুটি কুণ্ডলীর একটির মধ্য দিয়ে $1\ As^{-1}$ হারে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন ঘটলে যদি গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি 5V হয়, তবে কুণ্ডলীদ্বয়ের পারস্পরিক আবেশ গুণাঙ্ক হবে 5 হেনরি।

গ ১৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.61 year.

ঘ ১৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $t_{25\%} = 0.785y$ এবং $t_{15\%} = 0.58y$, $t_{25\%} \neq t_{15\%}$

প্রশ্ন ▶ ৫৫ উদ্দীপকটি লক্ষ কর :



তেজস্ক্রিয় পদার্থ

[সরকারি ইয়াছিন কলেজ, ফরিদপুর]

ক. লজিক গেট কি? ১

খ. পূর্ণ তরঙ্গ রেকটিফায়ার বলতে কি বোঝায়? ২

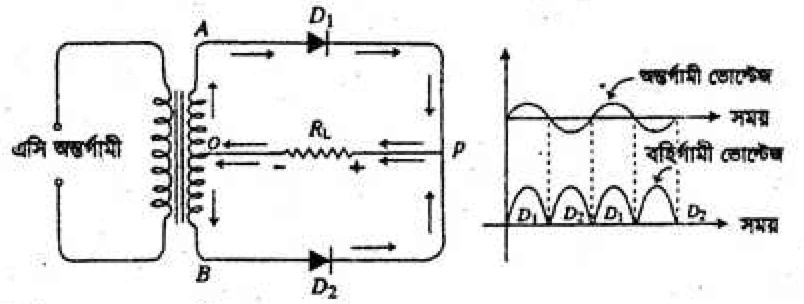
গ. উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক λ এবং পর্যবেক্ষণের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N_0 হলে যে কোনো সময়ে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দেখাও যে উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় নমুনার সকল পরমাণু ক্ষয় হতে অসীম সময় লাগবে? ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সমস্ত ডিজিটাল ইলেকট্রনিক সার্কিট এক বা একাধিক ইনপুট গ্রহণ করে এবং একটিমাত্র আউটপুট প্রদান করে এবং যুক্তিভিত্তিক সংকেতের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে তাদেরকে লজিক গেট বলে।

খ পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারে এসি অন্তর্গামী উৎসের দুটি চক্রই কাজে লাগানো হয়। এজন্য বর্তনীতে দুটি ডায়োড ব্যবহার করা হয়। চিত্রে একটি পূর্ণ তরঙ্গ রেকটিফায়ারের বর্তনী দেখানো হয়েছে। এখানে D_1 ও D_2 ডায়োড দুটিকে একটি ট্রান্সফরমারের গৌণ কুন্ডলী AB এর সাথে সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ডায়োড D_1 এসি অন্তর্গামী উৎসের গৌণকুন্ডলীর OA অংশে আগত উপরের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে এবং ডায়োড D_2 গৌণকুন্ডলীর OB অংশে আগত নিচের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে।



গ কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক λ এবং t সময়ে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N হলে–

আমরা পাই,

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

বা, $\frac{dN}{N} = -\lambda dt$

মনে করি, শুরুতে অর্থাৎ $t = 0$, তখন পরমাণুর সংখ্যা $N = N_0$ এবং অন্য কোনো এক সময় $t = t$ তে $N = N$।

সুতরাং এই সীমার মধ্যে উপরোক্ত সমীকরণকে সমাকলন করে আমরা পাই,

$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\int_0^t \lambda dt$

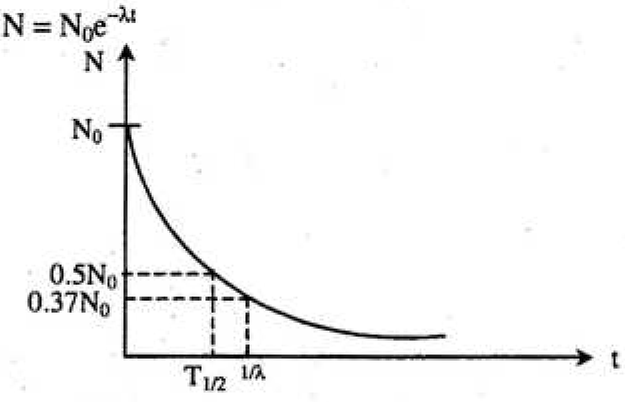
বা, $[ln\, N]_{N_0}^{N} = -\lambda\, [t]_0^t$

বা, $ln\, N - ln\, N_0 = \lambda t$

বা, $ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$

$\therefore \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $\therefore N = N_0 e^{-\lambda t}$



ঘ 'গ' হতে পাই,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

এখন সকল পরমাণু ক্ষয় হলে অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা $N = 0$

অর্থাৎ, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

বা, $t = \frac{ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{\lambda}$

এখন, $N = 0$ হলে $t = \infty$ হবে।

অর্থাৎ উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় সকল পরমাণু ক্ষয় হতে অসীম সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ রেডিয়ামের অর্ধায়ু 4.36×10^{-4}y।

[রাজবাড়ি সরকারি আদর্শ মহিলা কলেজ]

ক. শৃংখল বিক্রিয়া কী? ১

খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন? ২

গ. রেডিয়ামের 75% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. রেডিয়ামের 100% ক্ষয় হওয়া সম্ভব কী? সম্ভব হলে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে সময় নির্ণয় করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শৃঙ্খল বিক্রিয়া হচ্ছে এমন একটি ধারাবাহিক প্রক্রিয়া যা একবার শুরু হলে তাকে চালিয়ে রাখার জন্য বাহ্যিক কোনো শক্তির প্রয়োজন হয়না।

খ পরমাণুর অবস্থান নিউক্লিয়াসে হলে হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা সূত্র হতে,

$$\Delta p\, \Delta x = \frac{h}{4\pi}$$

বা, $\Delta p = \frac{h}{4\pi\, \Delta x} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.1416 \times 10^{-15}} = 5.28 \times 10^{-20}\ kgms^{-1}$

$\therefore$ নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকতে হলে প্রয়োজনীয় শক্তি,

$$\Delta E = \frac{\Delta p^2}{2m} = \frac{(5.28 \times 10^{-20})^2}{2 \times 9.11 \times 10^{-31}} = 1.53 \times 10^{-9} J = 9509.6\ MeV.$$

কিন্তু ইলেকট্রন সর্বোচ্চ শক্তি 4MeV হওয়া সম্ভব। ফলে নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকা সম্ভব নয়।

গ রেডিয়ামের 75% ক্ষয় হতে t সময় লাগলে,

$N = N_o e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_o} = e^{-\lambda t}$

বা, $ln\left(\frac{N}{N_o}\right) = ln\,(e^{-\lambda t})$

বা, $ln\left(\frac{N}{N_o}\right) = -\lambda t$

এখানে,

অবক্ষয় ধ্রুবক,

$\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{4.36 \times 10^{-4} y} = 1.59 \times 10^3 y^{-1}$

অবশিষ্ট রেডিয়াম, $N = N_o - 0.75\, N_o = 0.25 N_o$

$$\therefore\ t = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N}{N_o}\right) = -\frac{1}{1.59 \times 10^3} ln(0.25) = 8.72 \times 10^{-4}\ years = 7.64\ hrs.$$ **(Ans.)**

ঘ রেডিয়ামের 100% ক্ষয় হলে, অবশিষ্ট রেডিয়াম পরমাণু, $N = 0$

$\therefore\ N = N_o e^{-\lambda t}$ হতে,

$N_o e^{-\lambda t} = 0$

বা, $e^{-\lambda t} = 0$

$e^{-\lambda t} = 0$ হবে যখন, $\lambda t \to \infty$

কিন্তু λ এর মান 'গ' হতে পাই $1.59 \times 10^3\ y^{-1}$

$\therefore\ e^{-\lambda t} = 0$ হবে যখন, $t \to \infty$.

অর্থাৎ, অসীম সময় পরে রেডিয়ামের 100% ক্ষয় হবে।

অতএব, রেডিয়ামের 100% ক্ষয় হওয়া সম্ভব না।

প্রশ্ন ▶৫৭ $^{24}_{11}Na$ এর অর্ধায়ু 15 ঘণ্টা এবং এটা ভাঙতে থাকে ফলে এ ভাঙন নিউক্লিয়াসে সংঘটিত হয়। *[রংপুর সরকারী কলেজ, রংপুর]*

ক. অর্ধায়ু কাকে বলে? ১

খ. রাদারফোর্ড মডেলের কি ত্রুটি ছিল— ব্যাখ্যা করো। ২

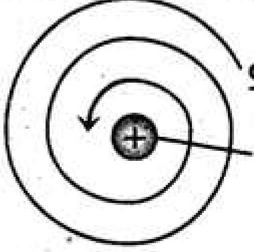
গ. 60 ঘণ্টা পরে 1g $^{24}_{11}Na$ এর কতটুকু অক্ষত থাকবে? ৩

ঘ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসের গঠনের বাস্তবতা সম্বন্ধে মন্তব্য করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রারম্ভিক অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হয়ে যেতে যে সময় লাগে তাকে অর্ধায়ু বলে।

খ রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলে দুটি ত্রুটি পরিলক্ষিত হয়।



১. রাদারফোর্ড পরমাণু মডেল অনুসারে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারদিক দিয়ে আবর্তন করছে। ম্যাক্সওয়েলের তাড়িতচৌম্বক তত্ত্ব অনুসারে ত্বরণযুক্ত চার্জিত কণা হতে তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ আকারে শক্তি বিকিরিত হয়। সুতরাং, নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনও শক্তি বিকিরণ করবে এবং এর শক্তি তথা দ্রুতি হ্রাস পাবে। ফলে ইলেক্ট্রন নিউক্লিয়াসের আকর্ষণে একটি সর্পিল পথে ঘুরতে ঘুরতে পরিশেষে নিউক্লিয়াসে পতিত হবে এবং পরমাণুর স্থায়ীত্ব বিনষ্ট হবে।

২. তাছাড়া, আবর্তনকালে ইলেকট্রন যে ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ করবে তার কম্পাঙ্ক ক্রমাগত বৃদ্ধি পেতে থাকবে, অর্থাৎ পরমাণু থেকে বিকিরিত শক্তির বর্ণালি হবে অবিচ্ছিন্ন। কিন্তু পরমাণু থেকে বিচ্ছিন্ন রেখা বর্ণালি পাওয়া যায়। সুতরাং, রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল ত্রুটিপূর্ণ অথবা চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান এক্ষেত্রে ব্যর্থ।

গ এখানে, অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 15$ hr

আদিভর, $m_0 = 1g$

আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_0 = \frac{6.02 \times 10^{23}}{24}$

$N_0 = 2.51 \times 10^{22}$ টি

সময়, $t = 60$ hr

অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, $N = ?$

অবক্ষয় ধ্রুবক λ হলে,

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = 0.0462\ hr^{-1}$$

আমরা জানি,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $N = 2.51 \times 10^{22} \times e^{-0.0462 \times 60}$

$\therefore N = 1.57 \times 10^{21}$ টি **(Ans.)**

ঘ পরমাণুর কেন্দ্রের নিউক্লিয়াসটি প্রোটন এবং নিউট্রনের সমন্বয়ে গঠিত। ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারদিকে প্রদক্ষিণ করছে। সুতরাং ইলেকট্রনের উপর সর্বদাই অভিলম্ব ত্বরণ থাকবে। ফলে এরা বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ হিসেবে শক্তি বিকিরণ করবে ফলশ্রুতিতে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের শক্তি ক্রমশ হ্রাস পাবে এবং এক সময় এটি নিউক্লিয়াসে পতিত হবে অর্থাৎ পরমাণুটির বিলুপ্তি ঘটবে।

কিন্তু বোরের পরমাণু মডেল অনুযায়ী ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারদিকে কতগুলো স্থির শক্তিস্তরে ঘুরতে থাকে। ইলেকট্রনগুলো উচ্চ শক্তিস্তর থেকে শক্তি বিকিরণ করে নিম্ন শক্তিস্তরে আসে এবং নিম্ন শক্তিস্তরে থাকাকালীন শক্তি শোষণ করে উচ্চ শক্তিস্তরে গমন করে।

প্রশ্ন ▶৫৮ সাভার পরমাণুর শক্তি কেন্দ্রের পরীক্ষাগারের জন্য Bi^{209}_{83} সংরক্ষণ করা হলো। Bi^{209}_{83} এর অর্ধায়ু 26.8min। প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1.00728a.m.u এবং 1.008665a.m.u। নিউক্লিয়াসের ভর 208.980388a.m.u। *[উয়াপাড়া বিজ্ঞান কলেজ]*

ক. বন্ধন শক্তি কাকে বলে? ১

খ. নিউট্রন প্রোটনের সম্মিলিত ভর এদের আলাদা আলাদা ভরের চেয়ে কম হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. Bi^{209}_{83} এর বন্ধন শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. Bi^{209}_{83} এর কত পরিমাণ ভর থেকে 1 কুরি তেজস্ক্রিয়তা পাওয়া যাবে? ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ শক্তিশালী সবল নিউক্লিও বলের প্রভাবে প্রোটন ও নিউট্রনসমূহ নিউক্লিয়াসে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এই বলের বিরুদ্ধে নিউক্লিয়াসকে ভেঙে প্রোটন ও নিউট্রনকে আলাদা করতে বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করতে হয়। তাই প্রোটন ও নিউট্রনের আলাদা আলাদা শক্তির সমষ্টি নিউক্লিয়াসের মোট শক্তি অপেক্ষা বৃহত্তর হয়।

আইনস্টাইনের ভর-শক্তি সম্বন্ধ $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$ সমীকরণ অনুযায়ী নিউক্লিয়াস ভাঙতে প্রয়োজনীয় এই শক্তি বিচ্ছিন্ন প্রোটন ও নিউট্রনগুলোতে সমতুল্য ভর হিসেবে জমা হয়। একইভাবে বিচ্ছিন্ন প্রোটন ও নিউট্রন একত্রিত হয়ে নিউক্লিয়াস গঠনের ক্ষেত্রে আকর্ষণধর্মী সবল নিউক্লিও বলের প্রভাবে ঐ অতিরিক্ত শক্তিটুকু বিমুক্ত হয় এবং ভর হ্রাস পায়, তাই প্রোটন ও নিউট্রনসমূহের সম্মিলিত ভর এদের আলাদা আলাদা ভরের চেয়ে কম হয়।

গ Bi^{209}_{83} এর পরমাণুতে 126টি নিউট্রন ও 83 টি প্রোটন আছে।

∴ প্রোটনের ভর $= 83 \times 1.00728 a.m.u = 83.60424 a.m.u$

∴ নিউট্রনের ভর $= 126 \times 1.008665$ a.m.u $= 127.09179$ a.m.u

ভরত্রুটি, $\Delta m = (127.09179 \times 83.60424) - 208.980388$
$= 210.69603 - 208.980388 = 1.715642$

বন্ধনশক্তি, $B.E = \Delta mc^2$
$= 1.715642 \times (3 \times 10^8)^2$
$= 1.544078 \times 10^{17}$ eV

$\therefore B.E = 1.544078 \times 10^{11}$ MeV **(Ans.)**

ঘ এখানে, অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 26.8\ m = (26.8 \times 60)s$

ক্ষয়ধ্রুবক λ হলে, $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = 4.31 \times 10^{-4}\ s^{-1}$

মনে করি, অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N এবং আদি পরমাণুর সংখ্যা N_0।

আমরা জানি,

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

বা, $\lambda N = 1Ci = 3.7 \times 10^{10}$ decay s^{-1}

বা, $N = \frac{3.7 \times 10^{10}}{4.31 \times 10^{-4}} = 8.58 \times 10^{13}$

সুতরাং, অক্ষত পরমাণুর ভর,

$$= \frac{8.58 \times 10^{13} \times 209}{6.02 \times 10^{23}} = 2.98 \times 10^{-8} g$$

অতএব, Bi^{209}_{83} পরমাণুর 2.98×10^{-8}g নমুনা ব্যবহার করলে শুরুতে 1Ci তেজস্ক্রিয়তা পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶৫৯ ৩টি তেজস্ক্রিয় উৎস নিয়ে পরীক্ষা করার সময় রাশা চার ঘণ্টা ধরে এক ঘণ্টা পর পর উৎসগুলো হতে প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা পরিমাপ করল। নীচের টেবিলটিতে তার পর্যবেক্ষণকৃত তথ্য দেওয়া হলো।

সময় (ঘণ্টা)	প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা		
	উৎস A	উৎস B	উৎস C
0	160	1600	16000
1	113	800	12700
2	80	400	10000
3	57	200	8000
4	40	100	6350

[চট্টগ্রাম কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. $^{62}_{28}Ni$ এর নিউক্লিয়ণ প্রতি বন্ধন শক্তি 8.67 MeV বলতে কী বুঝায়? ২

গ. উৎস C-এর জন্য সূচকীয় গ্রাফ এঁকে সেখান থেকে C-এর অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

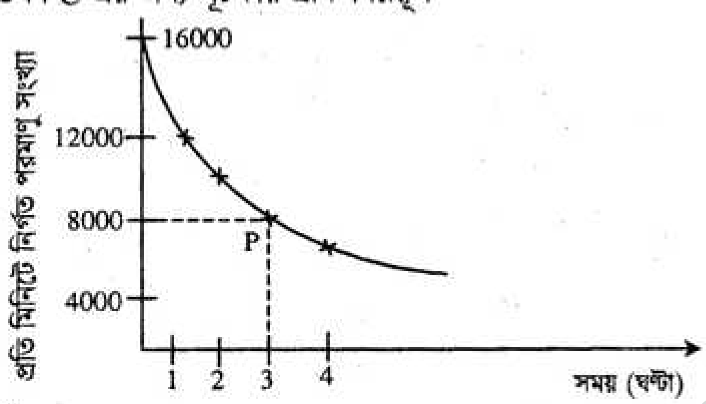
ঘ. পরবর্তীতে রাশা মোট ৬ ঘণ্টা ধরে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করল। সে সিদ্ধান্ত নিল যে, যেই উৎসটির অর্ধায়ু সবচাইতে কম, সেটি হতে প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা সবচাইতে বেশি। রাশার বক্তব্য কি সঠিক? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ আমরা জানি, কোনো নিউক্লিয়াসের মোট বন্ধন শক্তি এবং ভরসংখ্যার অনুপাতকে প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি বলা হয়। মোট বন্ধন শক্তিকে ভরসংখ্যা দ্বারা ভাগ করে প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি নির্ণয় করা হয়। এটাকে গড় বন্ধন শক্তিও বলা হয়। সুতরাং $^{62}_{28}Ni$ এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি 8.67 MeV বলতে বোঝায়, উক্ত নিউক্লিয়াসে অন্তর্নিহিত মোট বন্ধন শক্তি $= 62 \times 8.67$ MeV $=$ 537.54 MeV.

গ উৎস C-এর জন্য সূচকীয় গ্রাফ নিম্নরূপ—



$-\frac{dN}{dt} \propto N$ সূত্রানুসারে প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা ঐ মুহূর্তে উপস্থিত অক্ষত পরমাণু সংখ্যার সমানুপাতিক। সুতরাং উপরোক্ত গ্রাফের Y অক্ষ বরাবর অক্ষত পরমাণু সংখ্যা না থেকে প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা থাকলেও সমস্যা নেই- উক্ত গ্রাফ ব্যবহারে অর্ধায়ুর একই মান পাওয়া যাবে।

এখানে, আদি মান = 16000 এবং এর অর্ধেক মান $= \frac{1}{2} \times 16000 =$ 8000 বরাবর X অক্ষের সমান্তরালে রেখা টানলে তা লেখকে P বিন্দুতে ছেদ করে। P হতে সময় অক্ষের ওপর লম্ব টানলে তা উক্ত অক্ষকে 3hr বিন্দুতে ছেদ করে। সুতরাং C-এর অর্ধায়ু = 3hr।

ঘ উৎস B এর ক্ষেত্রে প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা আদিমান 1600 এর অর্ধেকে অর্থাৎ ৪00-তে নেমে আসতে সময় লাগে 1 ঘণ্টা। সুতরাং উৎস B এর অর্ধায়ু 1 hr.

উৎস A এর ক্ষেত্রে প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা আদিমান 160 থেকে এর অর্ধেকে অর্থাৎ 60-এ নেমে আসতে সময় লাগে 2 hr। সুতরাং উৎস A-এর অর্ধায়ু 2hr.

গ অংশে নির্ণীত উৎস C এর অর্ধায়ু = 3hr

$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$ বা, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$ সূত্রানুসারে যে উৎসের অর্ধায়ু সবচাইতে কম (উৎস B), তার অবক্ষয় ধ্রুবক সবচেয়ে বড়।

আর অবক্ষয় ধ্রুবক λ বড় হওয়াতে $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$ সূত্রানুসারে উৎস B এর ক্ষেত্রে প্রতি সেকেন্ড নির্গত পরমাণু সংখ্যা সবচেয়ে বড় হতে পারতো যদি প্রত্যেক উৎসের আদি পরমাণু সংখ্যা একই হতো।

কিন্তু প্রদত্ত উপাত্ত অনুসারে বিভিন্ন উৎসে আদি পরমাণু সংখ্যা বিভিন্ন; এমনকি বিভিন্ন তাৎক্ষণিক মুহূর্তেও উৎস A ও B এর তুলনায় উৎস C-তে অক্ষত পরমাণু সংখ্যা বেশি $\left(\frac{dN}{dt} \propto -N\right.$ সূত্রানুসারে এটা সহজেই আন্দাজ করা যায় $\left.\right)$।

তাই এক্ষেত্রে λN গুণফলটিই প্রতি সেকেন্ডে অক্ষত পরমাণু সংখ্যাটা প্রকাশ করে। সুতরাং যে উৎসটির অর্ধায়ু সবচাইতে কম (অবক্ষয় ধ্রুবক বেশি), সেটি হতে প্রতি মিনিটে নির্গত পরমাণু সংখ্যা সবচাইতে বেশি' বক্তব্যটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶৬০ রায়ান নিউক্লিয় ল্যাবে 30 দিন আগে সংগৃহীত স্বর্ণ ও রেডনের অনেকগুলোর নমুনার মধ্য থেকে দুটি নমুনা নিয়ে কাজ করছে। নমুনা দুটিতে পরমাণুর সংখ্যা ছিল যথাক্রমে 3×10^{12} এবং 4×10^{9}। রায়ান জানে স্বর্ণ ও রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক যথাক্রমে $0.12566 d^{-1}$ ও $0.182 d^{-1}$। বর্তমানে পরমাণুদ্বয়ের সংখ্যা যথাক্রমে 1.276×10^{10} ও 1.7×10^{7}। *[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]*

ক. আইসোবার কি? ১

খ. হাইজেনবার্গ এর অনিশ্চয়তার নীতি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. স্বর্ণের গড় আয়ু ও অর্ধায়ুর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নমুনাদ্বয়-এর কোনটি কোন পদার্থের-যাচাই করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আইসোবার : সেকল নিউক্লাইডের ভর সংখ্যা সমান তাদেরকে আইসোবার বলে।

খ কোনো মুহূর্তে একটি কণার অবস্থান যদি প্রায় নিশ্চিতভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয়, তবে সেই মুহূর্তে এর ভরবেগ নিশ্চিতভাবে বের করা সম্ভব নয়। আবার, কোনো মুহূর্তে ভরবেগ প্রায় নিশ্চিতভাবে জেনে গেলে এর অবস্থান নিশ্চিতভাবে জানা সম্ভব নয়। গাণিতিকভাবে, এই অনিশ্চয়তাদ্বয়ের গুণফল $\Delta x \, \Delta p \geq \hbar$.

এটিই হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি।

গ

দেওয়া আছে,
স্বর্ণের ক্ষয় ধ্রুবক,
$\lambda = 0.12566 \text{ d}^{-1}$

স্বর্ণের গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

$= \frac{1}{0.12566}$

$= 7.96$ d

স্বর্ণের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{ln2}{\lambda}$

$= 5.52$d

∴ গড় আয়ু ও অর্ধায়ুর মধ্যে পার্থক্য $= 7.96 - 5.52$

$= 2.44$ d

ঘ প্রথম নমুনার ক্ষেত্রে,

আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_0 = 3 \times 10^{12}$

শেষ পরমাণুর সংখ্যা, $N = 1.276 \times 10^{10}$

সময়, t = 30 d

$\therefore N = N_0 e^{-\lambda t}$

$\Rightarrow ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$

$\Rightarrow ln \frac{1.276 \times 10^{10}}{3 \times 10^{12}} = -\lambda \times 30$

$\therefore \lambda = 0.182 \text{ d}^{-1}$

∴ ১ম নমুনাটি রেডন।

∴ ২য় নমুনাটি স্বর্ণ।

নবম অধ্যায়: পরমাণু মডেল ও নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

২৮০. কে আলফা কণিকা বিক্ষেপণ পরীক্ষাটি করেছিলেন ? [জ্ঞান]
ⓚ মার্সডেন ⓚ টাইকোব্রাহা
ⓖ কেপলার ⓖ জগদীশচন্দ্র বসু ক

২৮১. α-কণা হলো—
ⓚ $^{4}_{2}He$ ⓚ $^{3}_{1}H$
ⓖ $^{3}_{2}He$ ⓖ $^{2}_{1}H$ ক

২৮২. নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ কত ? [জ্ঞান]
ⓚ $10^{-15}cm$ ⓚ $10^{-15}m$
ⓖ $10^{-10}m$ ⓖ $10^{-10}cm$ খ

২৮৩. কত সালে বিজ্ঞানী বোর তার পরমাণু মডেলের প্রস্তাব করেন ? [জ্ঞান]
ⓚ 1922 ⓚ 1911
ⓖ 1919 ⓖ 1913 ঘ

২৮৪. বোরের স্বীকার্য অনুযায়ী অনুমোদিত ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ হল— (অনুধাবন)
ⓚ $L = \frac{nh}{2\pi}$ ⓚ $L = \frac{2\pi}{nh}$
ⓖ $L = n\frac{2\pi}{h}$ ⓖ $L = n\frac{2h}{\pi}$ ক

২৮৫. প্রথম বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ কত? [প্রয়োগ]
ⓚ 0.053Å ⓚ 53Å
ⓖ 5.3Å ⓖ 0.53Å ঘ

২৮৬. হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাসার্ধ কত? [প্রয়োগ]
ⓚ $0.53 \times 10^{-10}cm$ ⓚ $53 \times 10^{-10}m$
ⓖ $0.53 \times 10^{-10}mm$ ⓖ $0.53 \times 10^{-10}m$ ঘ

২৮৭. বোরের কক্ষপথের ব্যাসার্ধের ক্ষেত্রে কোন সম্পর্কটি সঠিক? [প্রয়োগ]
ⓚ $r_4 = 9r_1$ ⓚ $r_3 = 4r_1$
ⓖ $r_4 = 16r_1$ ⓖ $r_4 = 8r_1$ গ

২৮৮. হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বিতীয় কক্ষের ইলেকট্রনের শক্তি কত? [প্রয়োগ]
ⓚ $-5.41 \times 10^{-19}J$ ⓚ $-5.41 \times 10^{19}J$
ⓖ $-5.14 \times 10^{-19}J$ ⓖ $-4.51 \times 10^{-19}J$ ক

২৮৯. প্রোটন কে আবিষ্কার করেন? (জ্ঞান)
ⓚ বোর ⓚ মার্সডেন
ⓖ রাদারফোর্ড ⓖ থমসন গ

২৯০. যে সব ভারী নিউক্লিয়াস থেকে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হয় তাদেরকে কী বলে? (জ্ঞান)
ⓚ তেজস্ক্রিয় মৌল ⓚ তেজস্ক্রিয়তা
ⓖ ক্যাথোড রশ্মি ⓖ আলফা রশ্মি ক

২৯১. গাইগার মুলার কাউন্টার দিয়ে কোন রশ্মির উদঘাটন করা যায়? [হবিগঞ্জ সরকারি মহিলা কলেজ, হবিগঞ্জ] (জ্ঞান)
ⓚ গামা রশ্মি ⓚ এক্সরে
ⓖ অতিবেগুনি রশ্মি ⓖ ক্যাথোড রশ্মি ক

২৯২. নিচের কোন তথ্যটি সঠিক? [প্রয়োগ]
ⓚ $1\ Bq = 1\ decays^{-1}$
ⓚ $1B_2 = 1s^{-1}$
ⓖ 1Bq = 1 decay ⓖ $1Ci = 3.7\ B_2$ ক

২৯৩. α রশ্মির আয়নায়ন ক্ষমতা γ রশ্মির তুলনায় কত গুণ বেশি? [জ্ঞান]
ⓚ 10000 ⓚ 100
ⓖ 10 ⓖ 1000 ঘ

২৯৪. নিচের কোনটি তড়িৎ ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় না? [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর] (জ্ঞান)
ⓚ α-রশ্মি ⓚ β-রশ্মি
ⓖ γ-রশ্মি ⓖ ক্যাথোড রশ্মি গ

২৯৫. কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙানের সম্ভাব্যতাকে কী বলা হয়? [হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ⓚ বেকেরেল ⓚ অবক্ষয় ধ্রুবক
ⓖ কুরী ⓖ অর্ধায়ু খ

২৯৬. একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষেত্রে অর্ধায়ু ও ক্ষয়ধ্রুবকের সম্পর্ক কী? [কুষ্টিয়া সরকারি কলেজ, কুষ্টিয়া] (জ্ঞান)
ⓚ $T_{1/2} = \frac{1}{\lambda}$ ⓚ $T_{1/2} = \frac{\lambda}{0.693}$
ⓖ $T_{1/2} = 0.693$ ⓖ $T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$ ঘ

২৯৭. একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু 1.8 দিন। 5.4 দিন পরে মৌলটির কত অংশ ক্ষয়প্রাপ্ত হবে? (প্রয়োগ)
ⓚ $\frac{1}{3}$ অংশ ⓚ $\frac{2}{3}$ অংশ
ⓖ $\frac{1}{8}$ অংশ ⓖ $\frac{7}{8}$ অংশ ঘ

২৯৮. কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 15 ঘণ্টা। ঐ বস্তুর প্রারম্ভিক ভর 4g হলে 60 ঘণ্টা পরে কতটুকু অবশিষ্ট থাকবে? [প্রয়োগ]
ⓚ 0.25 g ⓚ 0.25 kg
ⓖ 2.5 kg ⓖ 30 kg ক

২৯৯. Au^{198} এর অবক্ষয় ধ্রুবক $0.257d^{-1}$ হলে Au^{198} এর অর্ধায়ু কত দিন? [প্রয়োগ]
ⓚ 2.7 ⓚ 7.2
ⓖ 27 ⓖ 4 ক

৩০০. একটি নিউক্লিয়াসের প্রোটন সংখ্যা Z এবং ভর সংখ্যা A তাহলে নিউট্রন সংখ্যা কত? (প্রয়োগ)
ⓚ A + Z ⓚ A − Z
ⓖ A × Z ⓖ A ÷ Z খ

৩০১. U নিউক্লিয়াসের প্রতি ফিশনে প্রায় কত শক্তি উৎপন্ন করে? [ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী] (জ্ঞান)
ⓚ 300 MeV ⓚ 200 MeV
ⓖ 150 MeV ⓖ 100 MeV খ

৩০২. সূর্যের ভিতর যে প্রক্রিয়ায় শক্তি তৈরি হয় সেটি হচ্ছে— [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর] (অনুধাবন)
ⓚ শৃঙ্খল বিক্রিয়া ⓚ ফিশন বিক্রিয়া
ⓖ ফিউশন বিক্রিয়া ⓖ মহাকর্ষীয় বিক্রিয়া গ

৩০৩. রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল— [অনুধাবন]
i. 1911 সালে প্রস্তাবিত হয়
ii. তেজস্ক্রিয় পদার্থ হতে নির্গত α কণিকার বিক্ষেপণ লক্ষ্য করা হয়
iii. সৌরজগতের সাথে তুলনা করা হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii ঘ

৩০৪. হাইড্রোজেন পরমাণুর— (অনুধাবন) [সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

i. ব্যাসার্ধ 0.53Å

ii. ভূমি অবস্থার শক্তি – 13.6eV

iii. ব্যাসার্ধের রাশিমালা $r = \frac{h^2\epsilon^2}{\pi me^2}$

নিচের কোনটি সঠিক?

ⓚ i ও ii ⓚ i ও iii

ⓖ ii ও iii ⓖ i, ii ও iii **ঘ**

৩০৫. নিউট্রনের — [অনুধাবন]

i. ভেদন ক্ষমতা অত্যধিক

ii. ভর প্রায় 1.0086654 a.m.u.

iii. ভর প্রোটনের ভরের সমান

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৩০৬. পারমাণবিক ভর একক — [প্রয়োগ]

i. অর্থাৎ 1 amu সমান হচ্ছে 1.66057×10^{-27}kg

ii. বলতে বুঝায় C^{12} এর পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশকে

iii. ব্যবহার করে প্রোটন ও নিউট্রনের আপেক্ষিক ভর নির্ণয় করা হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৩০৭. তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে নির্গত হয় — [অনুধাবন]

i. আলফা রশ্মি ii. ক্যাথোড রশ্মি

iii. গামা রশ্মি

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **খ**

৩০৮. চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না— (অনুধাবন)

i. α-রশ্মি ii. এক্স রশ্মি

iii. γ-রশ্মি

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ ii ও iii

গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **খ**

৩০৯. আলফা কণা হলো— [সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম] (অনুধাবন)

i. তেজস্ক্রিয় পদার্থ হতে নির্গত ধনাত্মক চার্জ বিশিষ্ট কণিকা

ii. হিলিয়াম নিউক্লিয়াস (He^4)

iii. ইলেকট্রন অপেক্ষা ভারী

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ ii ও iii

গ i ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

৩১০. অবক্ষয় ধ্রুবক— (অনুধাবন)

i. এর একক হচ্ছে s^{-1}

ii. যত বড় হবে নির্দিষ্ট সময়ে একটি পরমাণুর ক্ষয়ের সম্ভাবনা তত কম হবে

iii. এর রাশিমালা $\lambda = -\frac{dN}{dt}$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **খ**

৩১১. ফিউশন প্রক্রিয়ায় — (অনুধাবন)

i. ফিশনের মতো প্রচণ্ড পারমাণবিক শক্তি নির্গত হয়

ii. কিছু ভর ধ্বংস হয়

iii. প্রচুর পরিমাণ তাপ নির্গত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii খ i ও iii

গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii **ঘ**

উদ্দীপকটি পড়ে ৩১২ ও ৩১৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

ইউরেনিয়ামে U^{238} এর প্রতি গ্রাম, প্রতি সেকেন্ডে 1.24×10^4 সংখ্যক আলফা কণা নিঃসরণ করে। অ্যাভোগেড্রোর সংখ্যা 6.025×10^{23}.

৩১২. উদ্দীপকের উল্লেখিত U^{238} এর ক্ষয় ধ্রুবকের মান কত? [অনুধাবন]

ক $0.154343\ y^{-1}$ খ $0.154343 \times 10^9 y^{-1}$

গ $0.154343 \times 10^{-9} y^{-1}$

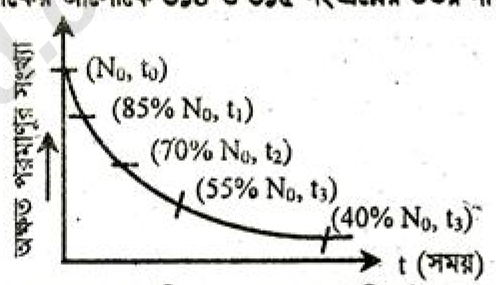
ঘ $15.43 \times 10^{-9} y^{-1}$ **গ**

৩১৩. উদ্দীপকে উল্লেখিত U^{238} এর অর্ধায়ু কত? [প্রয়োগ]

ক 2294 y খ 1677.5 y

গ 4.49×10^{-9}y ঘ 4.49×10^9y **ঘ**

উদ্দীপকের আলোকে ৩১৪ ও ৩১৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:



চিত্রে রেডনের তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের লেখ নির্দেশ করা হচ্ছে, যার অর্ধায়ু 3.8 days.

৩১৪. রেডনের তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় কর। (প্রয়োগ)

ক $0.118d^{-1}$ খ $0.182d^{-1}$

গ $0.369d^{-1}$ ঘ $0.693d^{-1}$ **খ**

৩১৫. উদ্দীপক অনুসারে কোন সময় ব্যবধানে রেডনের ক্ষয়ের হার সর্বাধিক হবে? (উচ্চতর দক্ষতা)

ক $t_4 - t_3$ খ $t_0 - t_1$

গ $t_2 - 1_1$ ঘ $t_3 - t_2$ **খ**

উদ্দীপকটি পড়ে ৩১৬ ও ৩১৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

অ্যালুমিনিয়াম নিউক্লিয়াসের প্রতীক হচ্ছে $^{27}_{13}Al$

৩১৬. নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা কত? [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (প্রয়োগ)

ক 13 খ 27

গ 14 ঘ 40 **ক**

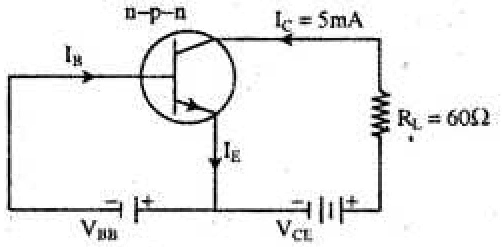
৩১৭. নিউক্লিয়াসটির নিউট্রন সংখ্যা কত? [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (প্রয়োগ)

ক 13 খ 27

গ 14 ঘ 40 **গ**

অধ্যায়-১০: সেমিকন্ডাক্টর ও ইলেকট্রনিক্স

প্রশ্ন ▶ ১ উদ্দীপকে একটি কমন এমিটার n-p-n অ্যামপ্লিফায়ার বর্তনী দেখানো হল। বর্তনীর গতীয় রোধ 40Ω। এর কারেন্ট গেইন 75। বর্তনীর $R_L = 60\Omega$ এবং কালেক্টর কারেন্ট 5mA।



[ঢা. বো. ২০১৭]

ক. হেক্সাডেসিমাল সংখ্যা পদ্ধতি কী? ১

খ. একটি ডিজিটাল ও একটি এনালগ সিগনাল অংকন করে দেখাও। ২

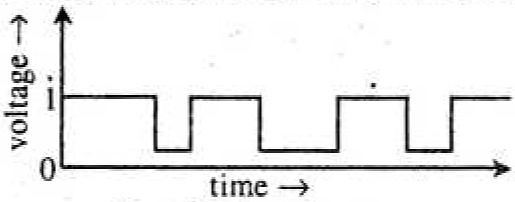
গ. উদ্দীপকের বর্তনীর প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 100% ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভব কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

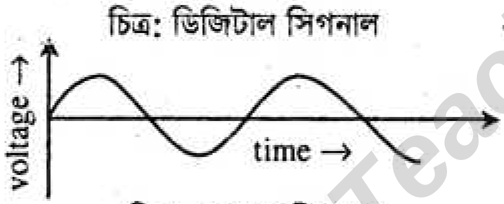
১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সংখ্যা পদ্ধতির ভিত্তি হচ্ছে 16 এবং গণনার জন্য 0 থেকে 9, A, B, C, D, E, F এই 16টি চিহ্ন ব্যবহার করা হয় তাকে বলা হয় হেক্সাডেসিমাল সংখ্যা পদ্ধতি।

খ নিচে একটি ডিজিটাল ও একটি এনালগ সিগনাল অংকন করা হলো—



চিত্র: ডিজিটাল সিগনাল



চিত্র: এনালগ সিগনাল

গ দেওয়া আছে,

কারেন্ট গেইন, $\beta = 75$

বের করতে হবে, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{75}{1+75} = 0.987 \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

কারেন্ট গেইন, $\beta = 75$

কালেক্টর প্রবাহ, $I_C = 5\text{ mA} = 5 \times 10^{-3}\text{A}$

গতীয় রোধ, $R = 40\Omega$

বর্তনীর রোধ, $R_L = 60\Omega$

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

বা, $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5}{75} = 0.067\text{ mA} = 0.067 \times 10^{-3}\text{A}$

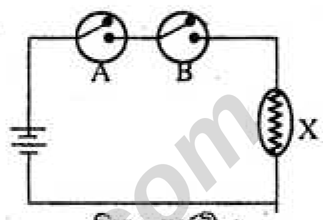
∴ ইনপুট বিভব, $V_i = I_B \times$ গতীয় রোধ
$= 0.067 \times 10^{-3} \times 40$
$= 2.68 \times 10^{-3}\text{ V}$

এবং আউটপুট বিভব পতন, $V_o = I_C \times R_L$
$= 5 \times 10^{-3} \times 60$
$= 0.3\text{ V}$

∴ ভোল্টেজ গেইন, $A_V = \frac{V_o}{V_i} \times 100\%$
$= \frac{0.3}{2.68 \times 10^{-3}} \times 100\%$
$= 111.94\%$

সুতরাং উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 111.94% ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভব, যা 100% অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ২



চিত্র : বর্তনী-১

P	Q	R
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

সত্যক সারণি

[ঢা. বো. ২০১৬]

ক. কোয়ার্ক কী? ১

খ. রূদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পায় কেন? ২

গ. বর্তনী-১ সত্যক সারণি লেখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকে দেয়া সত্যক সারণির লজিক গেইটের আউটপুটে একটি NOT গেইট যুক্ত করলে কোনো লজিক গেইট তৈরি হবে কিনা তা চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোয়ার্ক হলো পদার্থের মৌলিক কণা ও মৌলিক প্রয়োজনীয় উপাদান যা দ্বারা পদার্থ (প্রোটন, নিউট্রন) গঠিত।

খ রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কোনো রূপ তাপের আদান প্রদান হয়না, তাই $dQ = 0$। সুতরাং, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,

$0 = U + W$

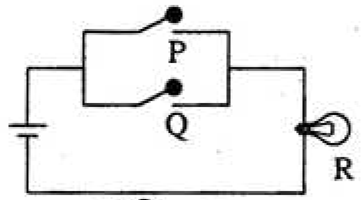
∴ $U = -W$

অর্থাৎ, রূদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাস তার অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ করে। রূদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে সিস্টেম দ্বারা কাজ করা হয় বলে dW ধনাত্মক হয়। আর তাই, $dU = -dW$ সমীকরণ অনুসারে রূদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পায়।

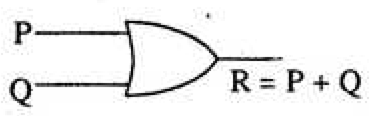
গ ১ নং বর্তনীটি একটি AND গেইটের। এর উভয় ইনপুট অথবা যেকোনো একটি ইনপুট 0 (শূন্য) হলেই আউটপুট 0 (শূন্য) হবে এবং কেবল মাত্র উভয় ইনপুট 1 হলেই আউটপুট 1 হবে। সুতরাং এর সত্যক সারণি হচ্ছে–

A	B	X
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

ঘ বুলিয়ান বীজগণিতের সাহায্যে লিখলে উদ্দীপকে প্রদত্ত সত্যক সারণিটি OR অপারেশনকে সমর্থন করে। কারণ *P* অথবা *Q* অথবা উভয়ই 1 হলে $R = 1$ হয়। অর্থাৎ $P + Q = R$। তাই প্রদত্ত সারণিটি OR গেইটের। নিচে এর বর্তনী ও প্রতীক দেয়া হল।

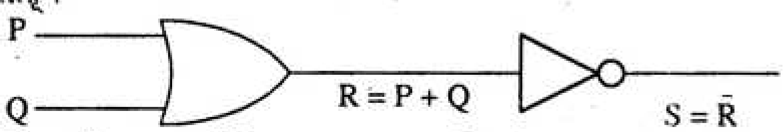


বর্তনী



প্রতীক

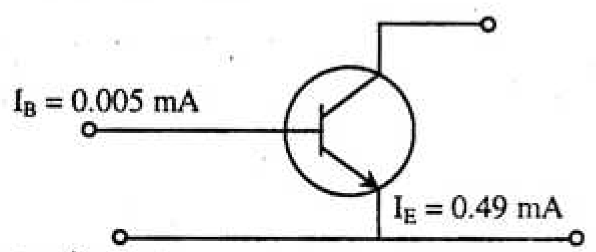
বর্তনীটির আউটপুটে একটি NOT গেইট যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ



এটি একটি NOR গেইট। এর সত্যক সারণি হচ্ছে-

P	*Q*	*R*	*S*
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

প্রশ্ন ▶ ৩



প্রদর্শিত চিত্র থেকে উত্তর দাও। *[রা. বো. ২০১৭]*

ক. P-type অর্ধপরিবাহী কী? ১

খ. ডোপায়ন তড়িৎ প্রবাহে কী ভূমিকা রাখে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রদর্শিত ট্রানজিস্টরের সাহায্যে বিবর্ধক বর্তনী তৈরি সম্ভব কিনা? চিত্রসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ ত্রিযোজী মৌল অর্থাৎ পর্যায় সারণীর তৃতীয় গ্রুপের মৌল অপদ্রব্য হিসেবে মেশানো হলে, তাকে p-type অর্ধপরিবাহী বলে।

খ পরিবাহীতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ সুবিধাজনক নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে ভেজাল দেয়ার প্রক্রিয়াকে ডোপায়ন বলে। ডোপায়নের ফলে এর পরিবাহিতা বহুগুণে বৃদ্ধি পায়। অতএব, তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধিতে ডোপায়ন গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.005mA$

নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0.49mA$

সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = ?$

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

আমরা জানি,

$$I_E = I_B + I_C$$

বা, $I_C = I_E - I_B$

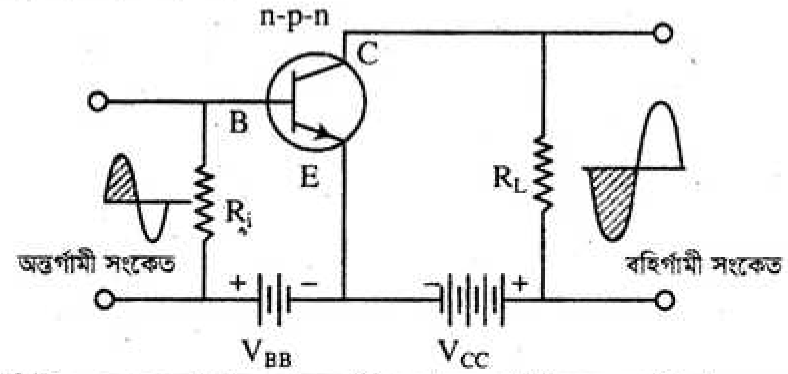
$= 0.49 - 0.005$

$= 0.485$ mA

আবার,

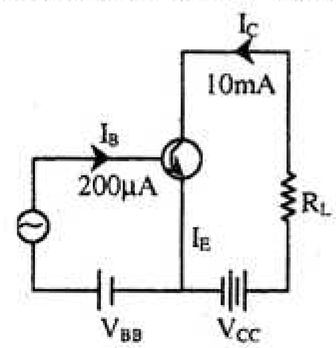
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.485}{0.49} = 0.989$$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের ডিভাইসটি বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহার করা যাবে। n-p-n ট্রানজিস্টরকে বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করতে বেস ও এমিটারের মধ্যে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় এবং কালেক্টর ও এমিটারের মধ্য থেকে আউটপুট নেয়া হয়। এসি সিগন্যাল ভোল্টেজ উৎস ছাড়াও এখানে একটি ব্যাটারী (V_{BB}) ইনপুট সার্কিটে ব্যবহার করা হয়। এই ডি. সি. ভোল্টেজকে বলা হয় 'বায়াস ভোল্টেজ' এবং এর মান এমন হয় যেন এসি সিগন্যালের ঋণাত্মক অর্ধেকের সময়ও এমিটার বেস জাংশন সম্মুখ ঝোঁকে থাকে।



এমিটার বেস জাংশনে প্রযুক্ত সিগন্যালের ঋণাত্মক অর্ধাংশের সময় জাংশনটির সম্মুখ ঝোঁক বৃদ্ধি পায়। ফলে অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন এমিটার থেকে বেসের মধ্য দিয়ে কালেক্টরে প্রবাহিত হয় এবং কালেক্টরের প্রবাহ বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত কালেক্টর প্রবাহ কালেক্টরের ভার রোধ R_L-তে অধিক পরিমাণে বিভব পতন ঘটায়। সিগন্যালের ঋণাত্মক অর্ধাংশের জন্য এমিটার বেস জাংশনের সম্মুখ ঝোঁক কমে যায়। ফলে কালেক্টরে প্রবাহের মাত্রাও কমে যায়। কালেক্টরে প্রবাহ কম হওয়ায় বর্তনীর আউটপুট ভোল্টেজ কম হবে। সুতরাং এভাবে n–p–n ট্রানজিস্টর বিবর্ধিত আউটপুট তৈরি করে।

প্রশ্ন ▶ ৪ চিত্রে একটি ট্রানজিস্টার দেওয়া আছে :



[রা. বো. ২০১৫]

ক. চার্জের তল ঘনত্ব কাকে বলে? ১

খ. বিচ্ছিন্ন চৌম্বক মেরু পাওয়া সম্ভব নয় কেন? ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইনপুট ভোল্টেজের পরিবর্তন করে ট্রানজিস্টরটিকে একটি সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায় কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে ঐ বিন্দুর চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

খ চার্জের ঘূর্ণনগতির দরুণ চৌম্বক ভ্রামকের উদ্ভব হয় যাতে যুগপৎভাবে উত্তর ও দক্ষিণ মেরু অবস্থান করে। অর্থাৎ শুধু উত্তর বা শুধু দক্ষিণ মেরু পাওয়া সম্ভব নয়। এ কারণেই বিচ্ছিন্ন চৌম্বক মেরু পাওয়া সম্ভব নয়।

গ দেওয়া আছে,

পীঠ প্রবাহ, $I_B = 200\mu A = 200 \times 10^{-6}A$

সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 10mA = 10 \times 10^{-3}A$

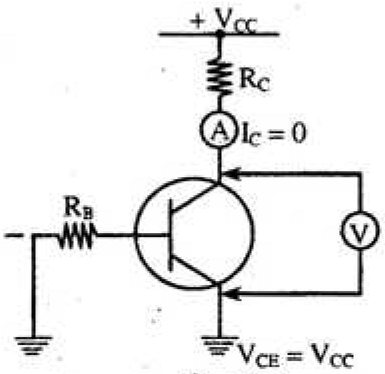
বের করতে হবে, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

আমরা জানি, $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_C}{I_C + I_B} = \frac{10 \times 10^{-3}A}{10 \times 10^{-3}A + 200 \times 10^{-6}A}$

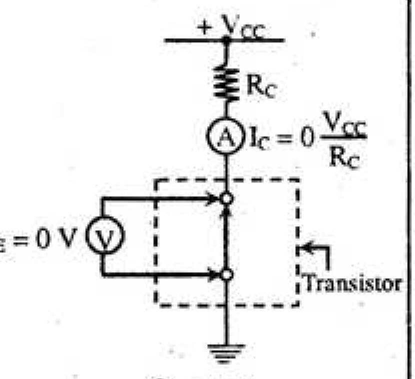
$= 0.9804$

সুতরাং, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক 0.9804

ঘ নিম্নে চিত্রসহ এর বর্ণনা দেওয়া হলো–



চিত্র (ক)



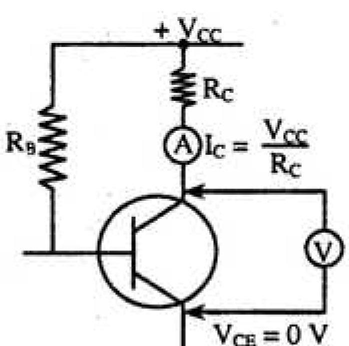
চিত্র (খ)

১. যখন ভূমি অর্ন্তগামী ভোল্টেজ (Input base voltage) যথেষ্ট ঋণাত্মক তখন ট্রানজিস্টর বিচ্ছিন্ন (cut-off) থাকে এবং সংগ্রাহক ভার (collector load) R_C এর মধ্যে কোনো তড়িৎপ্রবাহ থাকে না [চিত্র (ক)]। ফলে R_C এর আড়াআড়িভাবে কোনো বিভব পতন থাকে না (There is no voltage drop across R_C) এবং বহির্গামী ভোল্টেজ ধারণাগতভাবে (ideally) V_{CC} হয়, অর্থাৎ $I_C = 0$ এবং $V_{CE} = V_{CC}$

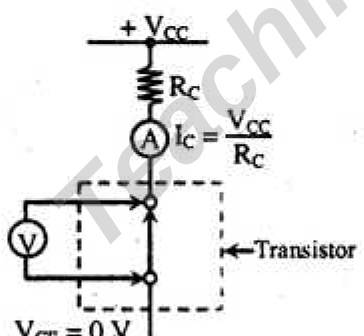
(যদিও সংগ্রাহক প্রবাহ I_C পুরোপুরি শূন্য হবে না কারণ সামান্য চুয়ানো তড়িৎ (Leakage current) সর্বদা প্রবাহিত হয়।) এই অবস্থা একটি খোলা (Open) সুইচ প্রবাহ বন্ধ করা অবস্থায় (OFF Stage-এ) যেমন থাকে [চিত্র (খ)-তে প্রদর্শিত] তেমনই থাকে।

২. যখন অন্তর্গামী ভূমি ভোল্টেজ যথেষ্ট ধনাত্মক তখন ট্রানজিস্টর সম্পৃক্ততা লাভ করে (Saturates), ফলে R_C এর মধ্য দিয়ে I_C এর দরুন আড়াআড়ি সমগ্র বিভব V_{CC} এর পতন হবে এবং বহির্গামী ভোল্টেজ ধারণাগতভাবে শূন্য হয় অর্থাৎ, $I_C = I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C}$ এবং $V_{CE} = 0$

এই অবস্থা একটি বন্ধ (closed) সুইচ প্রবাহ চালু অবস্থায় (ON Stage-এ) যেমন থাকে [চিত্র (খ)-তে প্রদর্শিত] তেমনই থাকে।

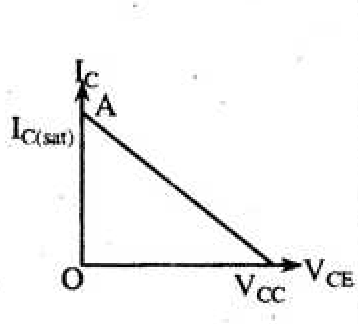


চিত্র : (ক)



চিত্র: (খ)

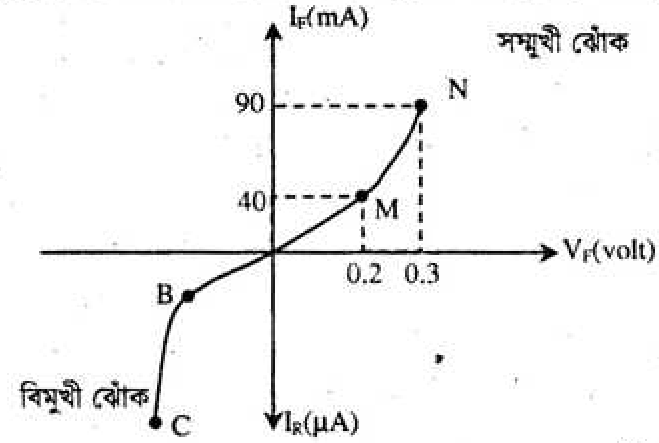
উপরোক্ত আলোচনা থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে উপযুক্ত শর্তের প্রেক্ষিতে ট্রানজিস্টর সুইচের কাজ করতে পারে। অর্থাৎ অন্দর্গামী ভূমি ভোল্টেজ যথেষ্ট ঋণাত্মক এবং ধনাত্মক হলে ট্রানজিস্টরকে বিচ্ছিন্নতা (cut off) এবং সম্পৃক্ততা (sturation) এর মধ্যে চালিত হবে। এই শর্ত ট্রানজিস্টর বর্তনীর ক্ষেত্রে সহজেই প্রযোজ্য।



চিত্র:

ফলে ট্রানজিস্টর সুইচ হিসেবে কাজ করতে পারে। চিত্র ১০.৩৩-এ ডিসি লোড লাইনের ক্ষেত্রে ট্রানজিস্টরের সুইচিং ক্রিয়া দেখানো হলো। চিত্রে লোড লাইনে A বিন্দু ও B বিন্দু যথাক্রমে ON এবং OFF অবস্থা (Condition) নির্দেশ করছে।

প্রশ্ন ▶৫ নিচে একটি ডায়োডের V – I লেখচিত্র দেখানো হল:



[দি. বো. ২০১৭]

ক. ট্রানজিস্টর কী? ১

খ. n শ্রেণির অর্ধপরিবাহীতে সংখ্যাগরিষ্ঠ বাহক ইলেকট্রন কেন থাকে? ২

গ. উদ্দীপকের চিত্র থেকে ডায়োডের গতীয় রোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. অনেকক্ষণ ধরে বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য BC অংশের প্রবাহের চেয়ে MN অংশের প্রবাহ বেশি নিরাপদ– ব্যাখ্যা করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি একই জাতীয় অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীকে এদের বিপরীত জাতীয় অর্ধপরিবাহীর একটি পাতলা স্তর দ্বারা যুক্ত করা হলে এরূপ অর্ধপরিবাহীকে ট্রানজিস্টর বলে।

খ জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের কেলাসে উপযুক্ত মাত্রায় পঞ্চম গ্রুপের মৌল ভেজাল হিসেবে মিশিয়ে n শ্রেণির অর্ধপরিবাহী তৈরি করা হয়। ভেজাল পরমাণুর বহিঃস্থ স্তরের পাঁচটি ইলেকট্রনের মধ্যে চারটি জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের সাথে সহযোজী বন্ধন গঠন করে এবং একটি ইলেকট্রন অবশিষ্ট থাকে। এটি মুক্ত ইলেকট্রন হিসেবে পরিবহণ ব্যান্ডে অবস্থান করে। অর্থাৎ কিছু মুক্ত ইলেকট্রন সৃষ্টি হয়। তাপমাত্রার কারণে কিছু বন্ধন ভেঙে সম সংখ্যক ইলেকট্রন ও হোল তৈরি হয়। এজন্য n শ্রেণির অর্ধপরিবাহীতে হোল অপেক্ষা মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা বেশি হয়। তাই n শ্রেণির অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রন হচ্ছে গরিষ্ঠ আধান বাহক।

গ লেখচিত্র হতে পাই,

তড়িৎ প্রবাহে ক্ষুদ্র পরিবর্তন, $\Delta I = 90\ mA - 40\ mA = 50 \times 10^{-3} A$

বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন, $\Delta V = 0.3 - 0.2 = 0.1V$

গতীয় রোধ, $R = ?$

জানা আছে, $R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$

$= \frac{0.1}{50 \times 10^{-3}}$

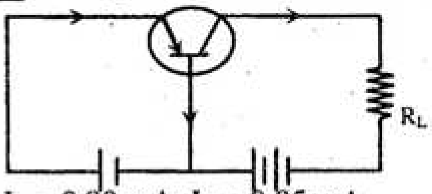
$= 2\Omega$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের লেখচিত্রেটিতে ডায়োডের V – I লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়েছে। চিত্রটিতে MN দ্বারা সম্মুখী ঝোঁক বোঝানো হচ্ছে এবং BC দ্বারা বিমুখী ঝোঁক বোঝানো হয়েছে।

ভোল্টেজ যদি এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যে, কোষের ধনাত্মক প্রান্ত p–টাইপ বস্তুর সাথে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n- টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত হয়, তবে তাকে সম্মুখী ঝোঁক বলে। এই সংযোগের ফলে p–n জংশন ও বহিস্থ বর্তনীতে প্রবাহ চলে। এই প্রবাহকে বলা হয় সম্মুখী প্রবাহ। এই ধরনের প্রবাহ সম্পূর্ণ নিরাপদ। তাই বেশি সময় ধরে ব্যবহার করলেও যন্ত্রপাতি নষ্ট হওয়া বা পুড়ে যাওয়ার কোনো সম্ভাবনা থাকে না।

কিন্তু বিমুখী ঝোঁকে ভোল্টেজের পার্থক্য যতই বাড়ানো হোক না কেন তড়িৎ প্রবাহে মানের পরিবর্তন খুবই কম হয়। এই অবস্থায় ভোল্টেজ আরো বাড়াতে থাকলে শেষে হঠাৎ বিপুল পরিমাণ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই বিপুল প্রবাহের কারণে বিমুখী ঝোঁক বা BC অংশ ব্যবহার করা নিরাপদ নয়। কারণ এতে যন্ত্রপাতি নষ্ট হয়ে যায়, পুড়ে যায়।

প্রশ্ন ▶ ৬ নিচের ট্রানজিস্টরটির বর্তনী লক্ষ কর:



$I_E = 0.80$ mA; $I_B = 0.05$ mA

/দি. বো. ২০১৬/

ক. ডোপিং কী? ১

খ. P-N জাংশন ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার চার্জ নিরপেক্ষ কেন? ২

গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ বের কর। ৩

ঘ. "বর্তনীটির ইনপুটে একটি দুর্বল সংকেত প্রয়োগ করে আউটপুটে একটি বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া যাবে"—উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ একটি P-টাইপ ও একটি N-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীনে সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠকে P-N জাংশন বলে। P-N জাংশনের যে পাশে P-টাইপ অঞ্চল সেখানে সংখ্যাগুরু বাহক হোল এবং যে পাশে N-টাইপ অঞ্চল সেখানে ইলেকট্রনের আধিক্য অনেক বেশি। যখন P-টাইপ অঞ্চল এবং N-টাইপ অঞ্চল যুক্ত হয় তখন N-অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো P-অঞ্চলের হোল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপন ক্রিয়ার মাধ্যমে জাংশনের দিকে ছুটে যায়। একইভাবে P-অঞ্চলের হোলগুলো N-অঞ্চলের ইলেকট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপনের মাধ্যমে সংযোগস্থলের দিকে ছুটে যায়। P-N জাংশনস্থলে ইলেকট্রন ও হোল পরমাণু মিলিত হয়ে নিরপেক্ষ হয়ে যায়। এ কারণে P-N জাংশন ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার সামগ্রিকভাবে তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ এখানে,

$I_E = 0.80$ mA

এবং $I_B = 0.05$ mA

প্রবাহ লাভ, $\beta = ?$

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

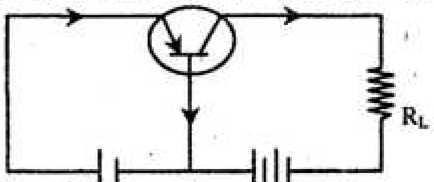
কিন্তু, $I_E = I_C + I_B$

$\therefore I_C = I_E - I_B$

$$\therefore \beta = \frac{I_E - I_B}{I_B} = \frac{0.80 \text{ mA} - 0.05 \text{ mA}}{0.05 \text{ mA}} = 15$$

অতএব, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ 15। **(Ans.)**

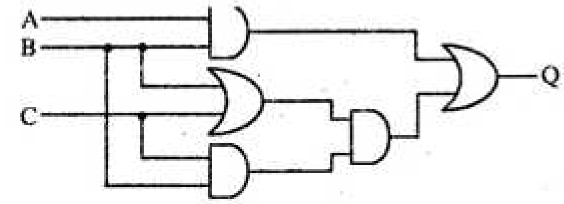
ঘ এটি একটি PNP ট্রানজিস্টর সাধারণ নিঃসরক বিবর্ধক বর্তনী (বর্তনীতে প্রয়োজনীয় সংশোধন করে দেয়া হলো)।



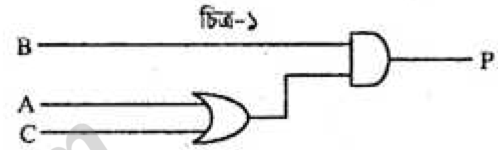
$I_E = 0.80$ mA; $I_B = 0.05$ mA

এতে নিঃসরক ও পীঠ ইনপুট এবং নিঃসরক ও সংগ্রাহক আউটপুট হিসেবে কাজ করে। নিঃসরক ডায়োডকে সম্মুখী বায়াস করার জন্য নিঃসরক ও পীঠের মধ্যে বায়াস বিভব V_{bb} এবং সংগ্রাহক ডায়োডকে বিমুখী বায়াস করার জন্য সংগ্রাহক ও নিঃসরকের মধ্যে বায়াস বিভব V_{cc} প্রয়োগ করা হয়। ইনপুট বায়াস বিভব V_{bb} ইনপুট সংকেতের বিস্তার বিভব থেকে বড় হতে হবে যেন ইনপুট সংকেত বায়াস বিভবের বিপরীতে ক্রিয়া করলেও তা সম্মুখী বায়াস বিশিষ্ট হয়। ইনপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত R_i রোধে ইনপুট সংকেত প্রয়োগ করা হয় এবং আউটপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত উচ্চ ভার রোধ R_L থেকে আউটপুট সংকেত গ্রহণ করা হয়। ইনপুট সংকেত বিভব V_S এর পরিবর্তনে নিঃসরক ও পীঠের মধ্যে বিভব V_{be} পরিবর্তীত হয়, ফলে i_b-ও পরিবর্তিত হয়। V_{be} বৃদ্ধি পেলে নিঃসরক সংগ্রাহক রোধ হ্রাস পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c বৃদ্ধি পায়। এতে নিঃসরক সংগ্রাহক বিভব V_{ce} হ্রাস পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R বৃদ্ধি পায়। একইভাবে V_{be} হ্রাস পেলে নিঃসরক সংগ্রাহক রোধ R_{ce} বৃদ্ধি পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c হ্রাস পায়। এতে নিঃসরক সংগ্রাহক বিভব বৃদ্ধি পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R হ্রাস পায়। R_L এর রোধ খুব বেশি হওয়ায় i_c এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। সুতরাং, বলা যায়, V_S এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। তাই ইনপুটে একটি কম বিস্তারের সংকেত প্রয়োগ করা হলে আউটপুটে একটি বেশি বিস্তারের সংকেত পাওয়া যায় অর্থাৎ সংকেতটি বিবর্ধিত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৭



চিত্র-১



চিত্র-২

/কু. বো. ২০১৭/

ক. রেকটিফায়ার কাকে বলে? ১

খ. ট্রানজিস্টরে ডিসি বায়াসিং অবস্থায় বেস কারেন্ট খুব কম হয় কেন? ২

গ. Q এর জন্য বুলিয়ান বীজগাণিতিক সমীকরণ নির্ণয় করো। ৩

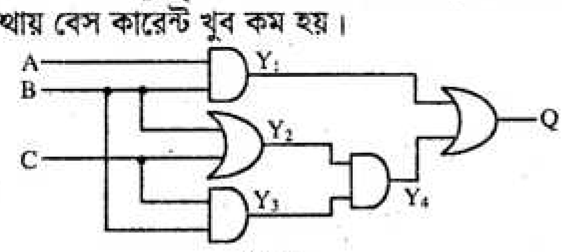
ঘ. উভয় চিত্রের সত্যক সারণী এক কী না যাচাই করো। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ইলেকট্রনিক ডিভাইসের সাহায্যে দিক পরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে পরিণত করা হয়, তাকে বলা হয় রেকটিফায়ার।

খ ট্রানজিস্টরে ডিসি বায়াসিং অবস্থায় নিঃসারক বা সংগ্রাহকের তুলনায় খুব সামান্য পরিমাণ প্রবাহ পাওয়া যায়। উদাহরণস্বরূপ একটি npn ট্রানজিস্টরে নিঃসারক পীঠ জংশনকে সম্মুখী এবং সংগ্রাহক পীঠ জংশনকে বিমুখী বায়াস করা হলে সম্মুখী বায়াস n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলোকে পীঠের দিকে প্রবাহিত করে ফলে নিঃসারক প্রবাহ হয়। ইলেকট্রনগুলো p টাইপ পীঠে প্রবেশের পর সেখানকার হোলের সাথে মিলতে চায়। কিন্তু পীঠ খুব পাতলা হওয়ার কারণে সামান্য কিছু ইলেকট্রন (প্রায় 5%) হোল এর সাথে মিলিত হয়ে I_B সৃষ্টি করে। এ কারণেই ট্রানজিস্টরে ডিসি বায়াসিং অবস্থায় বেস কারেন্ট খুব কম হয়।

গ



চিত্র-১

প্রথমে A ও B পরস্পরের সাথে AND গেট দিয়ে যুক্ত তাই, $Y_1 = AB$

B ও C পরস্পরের সাথে OR গেট দিয়ে যুক্ত। এদের আউটপুট $Y_2 = B + C$

আবার B ও C পরস্পরের সাথে AND দিয়ে যুক্ত। এক্ষেত্রে তাদের আউটপুট $Y_3 = BC$

আবার, Y_3 ও Y_2 পরস্পরের সাথে AND দিয়ে যুক্ত।

$\therefore$ আউটপুট $Y_4 = BC(B + C)$

Y_4 এবং Y_1 পরস্পরের সাথে OR গেট দিয়ে যুক্ত থাকায় চূড়ান্ত আউটপুট $Q = Y_1 + Y_4$

$= AB + BC(B + C)$

ইহাই Q এর জন্য বুলিয়ান বীজগাণিতিক সমীকরণ। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের দ্বিতীয় চিত্রে,

A ও C পরস্পরের সাথে OR গেট দিয়ে যুক্ত

$\therefore Y_1 = A + C$

এই Y_1 আবার B এর সাথে AND গেট দিয়ে যুক্ত।

$P = B(A + C)$

এর জন্য সত্যক সারণি :

A	B	C	$Y_1 = A+C$	$P = B(A+C)$
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

১ম চিত্রের জন্য সত্যক সারণি:

A	B	C	AB	B+C	BC	BC(B+C)	Q = AB+BC (B+C)
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1

যেহেতু ১নং চিত্রের আউটপুট Q এবং 2 নং চিত্রের আউটপুট P এর সকল উপাদান সমান, তাই বলা যায় এদের সত্যক সারণী মূলত একই।

প্রশ্ন ▶ ৮ রাইসা সাধারণ ভূমি n–p–n বর্তনী ব্যবহার করে একটি টিভি তৈরি করল, যার ইনপুট প্রবাহ 25mA এবং আউটপুট প্রবাহ 20mA। টিভিটি 12V ডিসিতে চলার কথা থাকলেও সে তার বাড়ির 220V এসিতে টিভিটিকে সংযুক্ত করায় টিভিটি চলতে আরম্ভ করল।

[কু. বো. ২০১৬]

ক. সম্মুখ ঝোঁক কাকে বলে? ১

খ. অনিয়ন্ত্রিত নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয় না কেন? ২

গ. বর্তনীর ভূমি প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যে দুটি কার্যক্রম অনুসরণ করায় রাইসার পক্ষে বাড়িতে টিভি চালানো সম্ভব হয়েছে তা বর্তনী এঁকে বিশ্লেষণ কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ উৎসের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জাংশনের P ও n অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে জংশনের বিভব প্রাচীর হ্রাস পায় এবং প্রবাহ সহজ হয় বলে এ ধরনের সংযোগকে সম্মুখী ঝোঁক বলে।

খ অনিয়ন্ত্রিত নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় যে নিউট্রন মুক্তি লাভ করে বা বেরিয়ে আসে তা বিক্রিয়াকে সম্ভব করে তোলে। তাই বিক্রিয়াতে অতি অল্প সময়ে অধিক পরিমাণ শক্তির উদ্ভব হয়। একটি নিউট্রন দ্বারা শুরু করা একটি অনিয়ন্ত্রিত নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া নজীরবিহীন বিস্ফোরণ ঘটাতে পারে। তাই অনিয়ন্ত্রিত নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয় না।

গ এখানে, সাধারণ ভূমি n-p-n বর্তনীতে,

ইনপুট প্রবাহ, $I_E = 25\text{ mA}$

আউটপুট প্রবাহ, $I_C = 20\text{ mA}$

ভূমি প্রবাহ, $I_B = ?$

আমরা জানি, $I_E = I_B + I_C$

$\therefore I_B = I_E - I_C$

$= 25\text{ mA} - 20\text{ mA}$

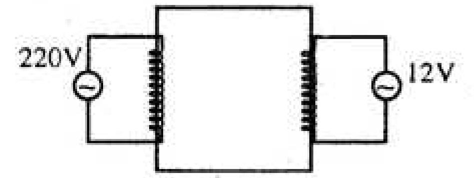
$= 5\text{ mA}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকে রাইসা প্রথমে একটি স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করে 220V এসিকে 12V এসিতে নামিয়ে আনে। ট্রান্সফর্মারটির মূখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ যথাক্রমে $E_p = 220V$ ও $E_s = 12V$ হলে এবং মূখ্য ও গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা যথাক্রমে n_p ও n_s হলে,

$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$

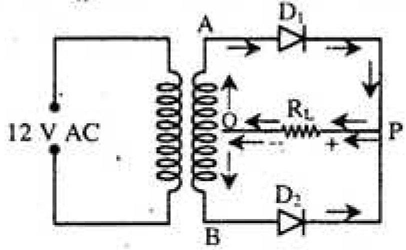
বা, $\frac{220V}{12V} = \frac{n_p}{n_s}$

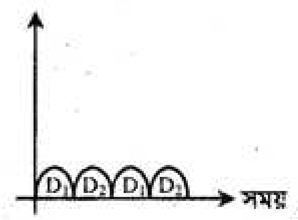
বা, $\frac{n_p}{n_s} = \frac{55}{3}$



অতএব, রাইসা প্রথমে (55 ঃ 3) অনুপাতে একটি স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে 12V এ নামিয়ে এনেছে।

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে রাইসা একটি পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ার ব্যবহার করে 12V এসিকে 12V ডিসিতে পরিবর্তিত করায় টিভিটি চলতে আরম্ভ করেছিল। নিচে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ার বর্তনীর চিত্র দেয়া হলো।





পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারটিতে এসি অন্তর্গামী উৎসের দুই চক্রই কাজে লাগানো হয়। এজন্য বর্তনীতে দুটি ডায়োড D_1 ও D_2 ব্যবহার করা হয়। ডায়োড দুটিকে ট্রান্সফর্মারটির গৌণকুণ্ডলীর AB অংশের সাথে সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ডায়োড D_1 এসি অন্তর্গামী উৎসের গৌনকুণ্ডলীর OA অংশে আগত উপরের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে এবং ডায়োড D_2 গৌণকুণ্ডলীর OB অংশে আগত নিচের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে। এসি অন্তর্গামীর প্রথম অর্ধচক্রের জন্য A ধনাত্মক হয়। ফলে ডায়োড D_1 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। কিন্তু D_2 ডায়োড বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না। এক্ষেত্রে OAD_1PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

অন্তর্গামীর দ্বিতীয় অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ঋনাত্মক এবং B প্রান্ত ধনাত্মক হয়। ফলে ডায়োড D_2 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় কিন্তু D_1 বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। এক্ষেত্রে OBD_2PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। বর্তনীর R_2 রোধের স্থানে টিভিটিকে স্থাপন করলে উভয় ক্ষেত্রেই টিভির মধ্য দিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয় অর্থাৎ টিভিটির মধ্য দিয়ে একমুখী তড়িৎ বা ডিসি প্রবাহ প্রবাহিত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৯ X ও Y যথাক্রমে ত্রিযোজী ও পঞ্চযোজী মৌল। এদেরকে সিলিকন খণ্ডে ডোপিং করে তুমি একটি ডায়োড তৈরি করলে। এখন X মৌলকে অন্য একটি সিলিকন খণ্ডের মাঝখানে ডোপিং করে একটি ট্রানজিস্টরও তৈরি করলে। এটি দেখে তোমার বন্ধু Y মৌলকে মাঝখানে ডোপিং করে আরেকটি ট্রানজিস্টর তৈরি করলো। *[কু. বো. ২০১৫]*

ক. মৌলিক বল কী? ১

খ. অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর প্রয়োজনীয়তা কী? ২

গ. তোমার তৈরিকৃত ডায়োডটির সম্মুখ ঝোঁক এবং বিমুখী ঝোঁক এর বায়াস বর্তনী দেখাও। ৩

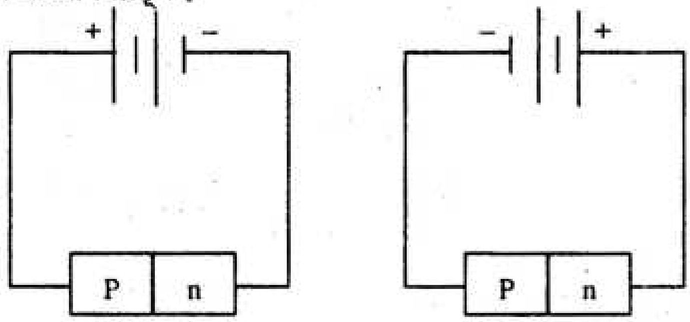
ঘ. তোমার এবং তোমার বন্ধু দু'জনের তৈরি ট্রানজিস্টর দুটির মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের (সচিত্র) তুলনামূলক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল বল মূল বা অকৃত্রিম অর্থাৎ অন্য কোনো বল থেকে উৎপন্ন হয় না বরং অন্যান্য বলে এ সকল বলের প্রকাশ তাদেরকে মৌলিক বল বলে।

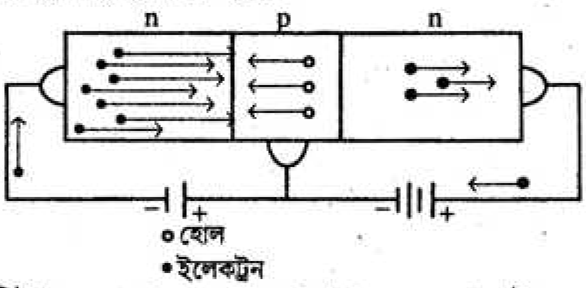
খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা অত্যন্ত স্বল্প মানের। তাই বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী ব্যবহারিক কাজে ব্যবহার করা যায় না। তাই এতে প্রয়োজনমত ডোপিং করে অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে (p বা n টাইপ) পরিণত করা হয়। এতে করে তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় ও তা দিয়ে বিভিন্ন ডিভাইস (যেমন ডায়োড, ট্রানজিস্টর) তৈরি করা হয়।

গ আমার তৈরিকৃত ডায়োডটির সম্মুখ ঝোঁক এবং বিমুখী ঝোঁক এর বায়াস বর্তনী নিম্নরূপ :

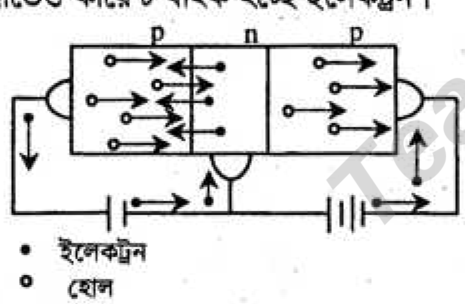


সম্মুখী বায়াস　　　　বিমুখী বায়াস

ঘ X (ত্রিযোজী) মৌলকে অন্য একটি সিলিকন খন্ডের মাঝখানে ডোপিং করলে n-p-n টানজিস্টর তৈরি হয়। সুতরাং আমি npn এবং আমার বন্ধু pnp ট্রানজিস্টর তৈরি করলাম। এদের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ নিম্নে ব্যাখ্যা করা হলো।

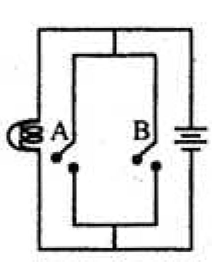


এখানে এমিটার বেস জাংশনে সম্মুখ বায়াস এবং কালেক্টর বেস জাংশন পশ্চাৎমুখী বায়াস প্রয়োগ করা হয়েছে। এমিটার ও বেসের মধ্যে সম্মুখ বায়াস থাকায় প্রথমটি হতে প্রচুর ইলেকট্রন বেগের দিকে যায়। এমিটার বেস জাংশনে কিছু হোলে ও ইলেকট্রন একে অপরের সাথে যুক্ত হয়ে নিরপেক্ষ হয়ে যাবে এবং তা 5% এর কম। এরূপ মিলনের ফলে সামান্য বেস প্রবাহের সৃষ্টি হয়। আর বাকি যেসমস্ত ইলেকট্রন হোলের সাথে যুক্ত হয়না তারা বেস অঞ্চল ভেদ করে উচ্চ পজেটিভ কালেক্টর ভোল্টেজের আকর্ষণে কালেক্টরে গিয়ে পৌছবে। এ ইলেকট্রনগুলোই হচ্ছে কালেক্টর কারেন্টের উপাদান। অতএব দেখা যাচ্ছে n-p-n ট্রানজিস্টরের মধ্যস্থিত কারেন্ট বাহক হচ্ছে ইলেকট্রন। এক্ষেত্রে বাইরের বর্তনীতেও কারেন্ট বাহক হচ্ছে ইলেকট্রন।



এখানে এমিটার বেস জাংশনে সম্মুখ বায়াস এবং কালেক্টর বেস জাংশনে পশ্চাৎমুখী বায়াস করা হয়েছে। এমিটার ও বেসের মধ্যে সম্মুখ বায়াস থাকায় এমিটার হতে প্রচুর হোল বেসের দিকে যায়। এমিটার বেস জাংশনে কিছু হোল ও ইলেকট্রন একে অপরের সাথে যুক্ত হয়ে নিরপেক্ষ হয়ে যাবে এবং তা 5% এর কম। এরূপ মিলনের ফলে সামান্য বেস প্রবাহের সৃষ্টি হয়। আর বাকি যেসমস্ত হোল ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হলোনা, তারা বেস অঞ্চল ভেদ করে উচ্চ ঋণাত্মক কালেক্টর ভোল্টেজের আকর্ষণে কালেক্টরে গিয়ে পৌছবে। এই হোলগুলোই হচ্ছে কালেক্টর কারেন্টের উপাদান। অতএব দেখা যাচ্ছে যে, p-n-p ট্রানজিস্টরের মধ্যস্থিত কারেন্ট বাহক হচ্ছে হোল।

প্রশ্ন ▶ ১০



[চ. বো. ২০১৬]

ক. বিনতি কী? ১

খ. হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ চার বিট কেন দরকার হয়? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীটি যে লজিক গেটের সমতুল্য তার চিত্র ও সত্যক সারণী দাও। ৩

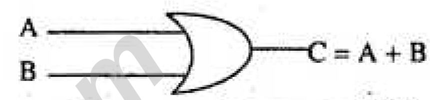
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীতে কী পরিবর্তন করলে এমন একটি গেট পাওয়া যাবে যার দুটি ইনপুট লজিক সত্য হলে আউটপুট লজিক মিথ্যা হবে? চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্র অনুভূমিকের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে বিনতি বলে।

খ হেক্সাডেসিমেল সংখ্যাকে সমতুল্য বাইনারিতে রূপান্তরের জন্য হেক্সাডেসিমেল সংখ্যার প্রতিটি ডিজিটকে আলাদাভাবে চার বিটের বাইনারি গ্রুপে রূপান্তরিত করা হয় এবং প্রাপ্ত গ্রুপগুলোকে পরপর সাজালে উক্ত হেক্সাডেসিমেল সংখ্যার সমতুল্য বাইনারি সংখ্যা পাওয়া যায়। এ কারণে হেক্সাডেসিমেল সংখ্যাপদ্ধতিতে সর্বোচ্চ চার বিট দরকার হয়।

গ উদ্দীপকের বর্তনীটি অর-গেট (OR-gate) এর। এই গেটের চিত্রটি নিম্নরূপ :



(OR-gate) এর সত্যক সারণি

ইনপুট		আউটপুট
A	B	C = A + B
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীর আউটপুটের সাথে একটি নট গেট (NOT-gate) যুক্ত করলে এমন একটি গেট পাওয়া যাবে যার দুটি ইনপুট লজিক সত্য হলে আউটপুট লজিক মিথ্যা হবে। এই ধরনের গেটকে নর (NOR) গেট বলে।

অর্থাৎ, OR gate + NOT gate = NOR gate.

নিচে এর প্রতীক ও কার্যক্রম সত্যক সারণীর মাধ্যমে দেখানো হলো :

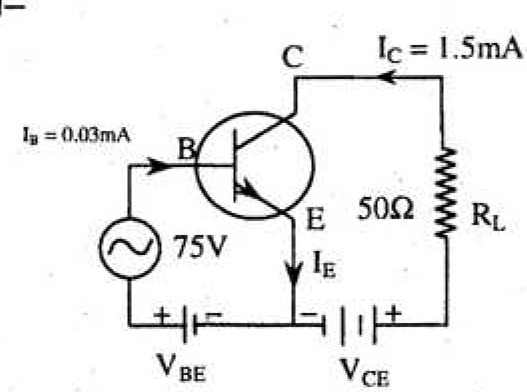


চিত্র: NOR gate

সত্যক সারণি

ইনপুট		OR	আউটপুট
A	B	A + B	C = $\overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

প্রশ্ন ▶ ১১ উদ্দীপকে একটি কমন এমিটার n-p-n ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হলো—



[সি. বো. ২০১৭]

ক. বিগ ব্যাং কী? ১

খ. ব্লাকহোলকে দেখা যায় না কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর কারেন্ট গেইন α কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটিকে ইলেকট্রনিক সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায় কি?— বিশ্লেষণ করো। ৪

১১নং প্রশ্নের উত্তর

ক দূর অতীতে এ মহাবিশ্বের সব কিছু খুব কাছাকাছি অতি উত্তপ্ত ও প্রায় অসীম ঘনত্বের এক পুঞ্জিভূত অবস্থায় ছিল। আর সে অবস্থা থেকে আকস্মিক এক বিস্ফোরণের মধ্য দিয়ে উদ্ভব ঘটেছে এ মহাবিশ্বের। এটাই মহাবিশ্ব সৃষ্টির 'বিগ ব্যাং' তত্ত্ব।

খ ব্লাক হোলের আয়তন প্রায় শূন্য কিন্তু ভর খুব বেশি হওয়ায় এর মহাকর্ষ বল খুব বেশি হয়। এ প্রচন্ড মহাকর্ষের কারণে এর পৃষ্ঠ থেকে কোনো বস্তুর মুক্তিবেগ আলোর বেগ অপেক্ষাও বেশি। তাই এরূপ বস্তু থেকে আলোও বের হয়ে আসতে পারে না। তাই ব্লাক হোল দেখা যায় না।

গ দেওয়া আছে,

কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 1.5$ mA

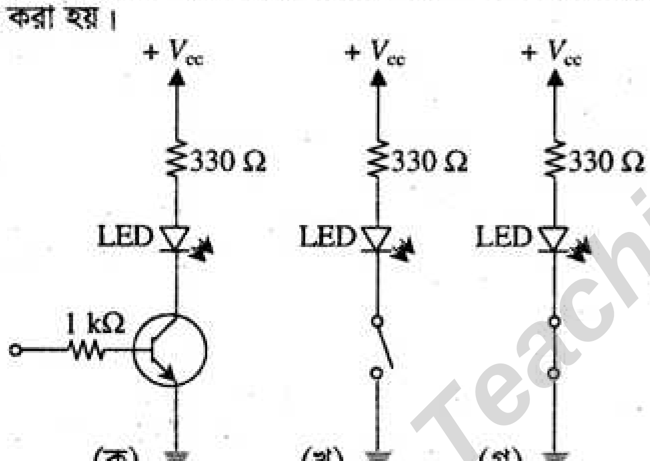
বেস কারেন্ট, $I_B = 0.03$ mA

বের করতে হবে, কারেন্ট গেইন, $\propto = ?$

আমরা জানি,

$$\propto = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1.5}{0.03} = 50 \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীটিকে ইলেকট্রনিক সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায়। নিচের চিত্রে এর সুইচ হিসেবে ব্যবহার দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে সংগ্রাহক বায়াস বিভব $+V_{cc}$ প্রয়োগ করা হয় এবং নিঃসারককে ভূ সংযুক্ত করা হয়।



(ক) (খ) (গ)

পীঠ বিভব শূন্য বা ন্যূনতম একটি মানের কম হলে সংগ্রাহক ও নিঃসারকের মধ্যে কোনো তড়িৎ প্রবাহ চলে না। একটি সিলিকন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে এ ন্যূনতম মান হচ্ছে 0.7 V। একে ট্রানজিস্টরের "কাট অফ" অবস্থা বলে। এ অবস্থায় LED জ্বলে না (চিত্র-খ)। আবার পীঠ বিভবের একটি নির্দিষ্ট মান অপেক্ষা বেশি বিভব প্রয়োগ করা হলে নিঃসারক ও সংগ্রাহকের মধ্যে কোনো রোধ থাকে না বললেই চলে ফলে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চলে। একে ট্রানজিস্টরের 'সম্পৃক্ত অবস্থা' বলে। সিলিকন ট্রানজিস্টরের পীঠ বিভব 1.4 V এর বেশি হলে ট্রানজিস্টর সম্পৃক্ত অবস্থা প্রাপ্ত হয়। উপরোক্ত আলোচনা থেকে আমরা বলতে পারি, পীঠ বিভব নিম্ন (শূন্য) হলে সুইচ অফ এবং উচ্চ হলে সুইচ অন। এ অবস্থায় LED জ্বলে (চিত্র-গ)।

প্রশ্ন ▶ ১২ A ও B যথাক্রমে ত্রিযোজী এবং পঞ্চযোজী মৌল এদের দ্বারা সিলিকনকে ডোপিং করা যায়। *[সি. বো. ২০১৫]*

ক. বিগ ব্যাং কী? ১

খ. তাপমাত্রার পরিবর্তন সাপেক্ষে অর্ধপরিবাহী ও পরিবাহীর রোধের মধ্যে ভিন্নতা কীরূপ দেখা যায়? ২

গ. A মৌলটিকে সিলিকনের সাথে ডোপিং করা হলে সিলিকনের বৈশিষ্ট্যের কীরূপ পরিবর্তন ঘটে চিত্রসহ বর্ণনা কর। ৩

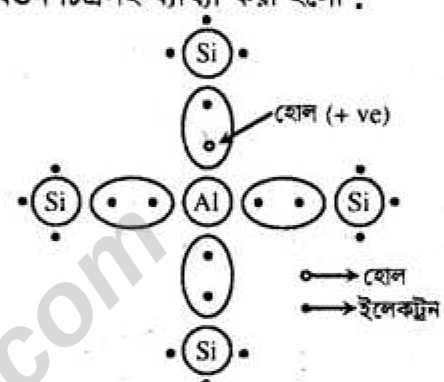
ঘ. যদি সিলিকন খন্ডের কিছু অংশ A মৌল এবং একই সাথে বাকী অংশে B মৌল ডোপিং করা হয় তবে প্রাপ্ত যন্ত্রাংশ কী কাজে ব্যবহার করা যেতে পারে? তা প্রয়োজনীয় চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। ৪

১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিজ্ঞানীদের ধারণা, সুদূর অতীতে এক মহাবিস্ফোরণের মাধ্যমে এই মহাবিশ্বের উৎপত্তি হয়েছিল। এ ঘটনাকে বিগ ব্যাং বলে।

খ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়। এটিই হলো তাপমাত্রার পরিবর্তন সাপেক্ষে অর্ধপরিবাহী ও পরিবাহীর রোধের মধ্যে ভিন্নতা। আবার পরিবাহীর ক্ষেত্রে রোধের উষ্ণতা গুণাংক ধনাত্মক কিন্তু অর্ধপরিবাহীর রোধের উষ্ণতা গুণাংক ঋণাত্মক।

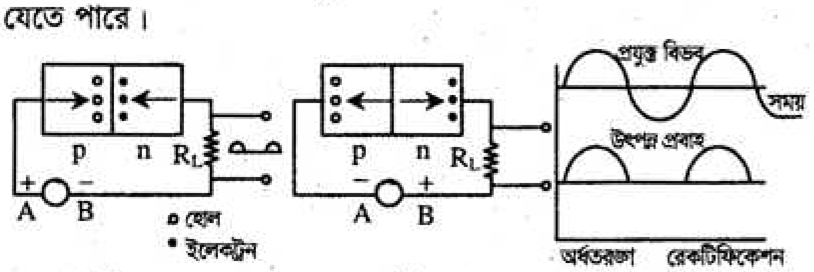
গ A (ত্রিযোজী) মৌলটিকে সিলিকনের সাথে ডোপিং করা হলে p-টাইপ অর্ধপরিবাহী উৎপন্ন হয়। নিম্নে এরূপ ডোপিং-এ সিলিকনের বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন চিত্রসহ ব্যাখ্যা করা হলো :



চিত্র : p- টাইপ অর্ধপরিবাহী

বিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম ও সিলিকনের সঙ্গে ত্রিযোজী মৌল যেমন গ্যালিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি অপদ্রব্য সামান্য পরিমাণে নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশানো হলে p-টাইপ কেলাস তৈরি করা যায়। অ্যালুমিনিয়ামের যেহেতু তিনটি যোজন ইলেকট্রন রয়েছে এই পরমাণু তার চারপাশের জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর তিনটি যোজন ইলেকট্রনের সঙ্গে সহযোজী বন্ধন তৈরি করে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর চতুর্থ ইলেকট্রন কোন সহযোজী বন্ধন তৈরি করে না। কারণ অ্যালুমিনিয়ামের একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি রয়েছে। ইলেকট্রনের এ ঘাটতির জন্য অ্যালুমিনিয়ামের পরমাণুতে একটি হোলের সৃষ্টি হবে। সুতরাং প্রত্যেক অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুতে হোলের সৃষ্টি হবে এবং এভাবে সৃষ্ট হোলগুলো ইলেকট্রন গ্রহণে উদগ্রীব থাকবে। এজন্য অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুকে গ্রহীতা পরমাণু বলা হয়। ধনাত্মক তড়িৎধর্মী হোলের সংখ্যা তাপীয় উত্তেজনায় সৃষ্ট ইলেকট্রনের তুলনায় অনেকগুণ বেশি থাকে। সুতরাং p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে ধনাত্মক তড়িতাধানই মুখ্য ভূমিকা পালন করে।

ঘ যদি সিলিকন খন্ডের কিছু অংশ A মৌল এবং একই সাথে বাকি অংশে B মৌল ডোপিং করা হয় তবে প্রাপ্ত যন্ত্রাংশ হলো p-n জংশন ডায়োড যা অর্ধতরঙ্গ একমুখীকরণ বা রেকটিফিকেশনে ব্যবহার করা যেতে পারে।



(ক) (খ) (গ)

চিত্রে একটি p-n জংশনকে রেক্টিফায়ার হিসেবে দেখানো হয়েছে। বর্তনীটি একটি পরিবাহী ভোল্টেজ উৎসের সাথে সংযুক্ত। ফলে উৎসের প্রতিচক্রের (Cycle) এক অর্ধচক্রে জংশনটি সম্মুখ বায়াসে এবং অপর অর্ধচক্রে পশ্চাৎমুখী বায়াসে থাকবে। যখন A প্রান্ত ধনাত্মক বিভবযুক্ত, তখন p-n জাংশনটি সম্মুখ বায়াস প্রাপ্ত হয়। ফলে বর্তনীতিতে সংযুক্ত

লোড রেজিস্ট্যান্স R_L এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলে। আবার A প্রান্ত যখন ঋণাত্মক বিভবযুক্ত হয় তখন p-n জাংশনটি পশ্চাৎমুখী বায়াস প্রাপ্ত হয় ফলে লোড রেজিস্ট্যান্স R_L এর মধ্য দিয়ে তেমন কোন প্রবাহ চলে না এবং R_L এর দুই প্রান্তে কোন বিভব পার্থক্য পাওয়া যায় না। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, রোধের ভিতর দিয়ে একটি সর্বদা একমুখী প্রবাহ হচ্ছে। রোধের ভিতর দিয়ে উৎপন্ন প্রবাহ বনাম সময় লেখচিত্র অংকন করলে (গ) নং চিত্রের মত দেখাবে। লেখচিত্র হতে সহজে বুঝা যায় যে উৎপন্ন প্রবাহের দিক একই থাকে বলে একে অর্ধতরঙ্গ একমুখীকরণ বলা হয়।

প্রশ্ন ▶ ১৩

Input		output
P	Q	R
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

সত্যক সারণি-১

Input		output
P	Q	R
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

সত্যক সারণি-২

[ঢা. বো. ২০১৭]

ক. কৃষ্ণ বিবর কী? ১

খ. সূর্য কৃষ্ণ বিবর হবে না–ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সত্যক সারণি-১ কোন লজিক গেইটকে নির্দেশ করে–ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. সত্যক সারণি-২ এর নির্দেশক লজিক গেইট দ্বারা $R = P + Q$ সমীকরণ বাস্তবায়ন সম্ভব–বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকাশে এমন কিছু বস্তু আছে যা থেকে আলো বেরিয়ে আসতে পারে না বলে একে দেখা যায় না অথচ এর উপস্থিতি বোঝা যায় এর মহাকর্ষ প্রভাব দেখে। এরূপ বস্তুকে কৃষ্ণ বিবর বলে।

খ কোনো নক্ষত্রের ভর যখন ৩.২ সৌর ভরের চেয়ে বেশী হয় তখন সুপার নোভা বিস্ফোরণের পর এটি সংকুচিত হয়ে কৃষ্ণ বিবরে পরিণত হয়। অর্থাৎ কোনো নক্ষত্র কৃষ্ণ বিবরে পরিণত হতে হলে এর ভর হতে হবে ৩.২ সৌর ভরের চেয়ে বেশী। তাই সূর্য কৃষ্ণ বিবরে পরিণত হবে না।

গ সত্যক সরণী-১ থেকে পাই,

input				output
P	Q	$\overline{P}$	$\overline{Q}$	$R = \overline{P} \cdot \overline{Q}$
0	0	1	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	0

সুতরাং $R = \overline{P} \cdot \overline{Q}$

আবার, ডি-মরগান তত্ত্ব অনুসারে, $\overline{P} \cdot \overline{Q} = \overline{P + Q}$

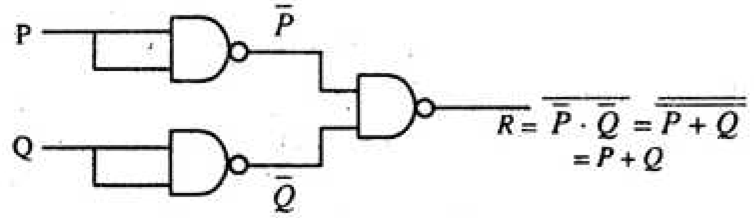
অতএব আমরা বলতে পারি সত্যক সরণী-১ NOR গেট নির্দেশ করে।

ঘ সত্যক সরণী-2 অনুসারে

Input				output
P	Q	$\overline{P}$	$\overline{Q}$	$R = \overline{P} + \overline{Q}$
0	0	1	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	0

সুতরাং $R = \overline{P} + \overline{Q}$

আবার, ডি-মরগান তত্ত্ব অনুসারে, $R = \overline{P} + \overline{Q} = \overline{PQ}$, অর্থাৎ সারণী-২ এ ব্যবহৃত গেটটি একটি NAND গেইট যা সার্বজনীন অর্থাৎ এই গেইট দ্বারা সকল গেইট বাস্তবায়ন সম্ভব। NAND গেট দ্বারা $R = P + Q$ বাস্তবায়ন যা নিচে দেখানো হল।



অর্থাৎ P ও Q ইনপুটদ্বয়কে উপরোক্ত চিত্রের মতো NAND গেটে সংযুক্ত করলে $R = P + Q$ আউটপুট পাওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ১৪ একটি কমন বেস সংযোগে থাকা ট্রানজিস্টরের নিঃসারক ও বেস প্রবাহ যথাক্রমে 0.85 এবং 0.05 mA. [ঢা. বো. ২০১৫]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. ট্রানজিস্টরের বেস অংশ পাতলা হয় কেন? ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির বিবর্ধন ফ্যাক্টর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী কেলাসের মধ্যে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর বিশেষ প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয় বৈদ্যুতিক সংকেত বিবর্ধন করার উদ্দেশ্যে। ট্রানজিস্টরের সক্রিয় অঞ্চল হলো ভূমি/পীঠ। পীঠ যত পাতলা হবে, নিঃসারক সংগ্রাহক তড়িৎক্ষেত্র তত বেশি শক্তিশালী হবে এর ফলে পীঠ অঞ্চলে অল্প প্রবাহ প্রবেশ করালেই তার বিশাল প্রভাব বর্তনীতে পড়বে। অর্থাৎ প্রবাহ লাভের (β) মান অত্যাধিক হবে। এ কারণেই ট্রানজিস্টরের বেস অংশ পাতলা করা হয়।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.94

ঘ ১ম ক্ষেত্রে,

এখানে, কমন বেস সংযোগটির ইনপুট বা, নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0.85$ mA

বেস প্রবাহ, $I_B = 0.05$ mA

∴ আউটপুট বা, সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = I_E - I_B = 0.85 - 0.05 = 0.8$ mA

আমরা জানি, কম বেস সংযোগে প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.8}{0.85} = 0.9412$

২য় ক্ষেত্রে,

এখানে, নিঃসারক প্রবাহ, $I_{E'} = 2\,I_E = 2 \times 0.85$ mA $= 1.7$ mA

বেস প্রবাহ, $I_{B'} = 2I_B = 2 \times 0.05$ mA $= 0.1$ mA

∴ সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_{C'} = I_{E'} - I_{B'} = (1.7 - 0.1)$ mA $= 1.6$ mA

প্রবাহ লাভ, $\beta' = \frac{I_{C'}}{I_{E'}} = \frac{1.6}{1.7} = 0.9412$

অর্থাৎ, নিঃসারক প্রবাহ ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করলে ও প্রবাহ লাভ একই থাকবে। সুতরাং, প্রবাহ লাভের কোনো পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৫ একটি npn ট্রানজিস্টরের 108টি ইলেকট্রন 10^{-8}s সময়ে এমিটারে গমন করে। [ঢা. বো. ২০১৭]

ক. লিকেজ প্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. ট্রানজিস্টর কি ডায়োড? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. এমিটার প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি ১% মুক্ত ইলেকট্রন পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধকের মান কীরূপ হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ডায়োডের বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে গরিষ্ঠ আধান বাহক কোনো তড়িৎ প্রবাহ তৈরী করতে পারে না কিন্তু p -টাইপের লঘিষ্ঠ আধান বাহক ইলেকট্রন এবং n -টাইপের লঘিষ্ঠ আধান বাহক হোল বিমুখী ঝোঁকেও কিছু তড়িৎ প্রবাহ তৈরী করে। এই প্রবাহকেই লিকেজ প্রবাহ বলে।

খ ট্রানজিস্টর ডায়োড নয়। যদিও ট্রানজিস্টর দুটি p–n জংশন দিয়ে তৈরি, কিন্তু এর ক্রিয়া ডায়োড থেকে ভিন্ন। ডায়োডের মূল কাজ সিগন্যালকে একমুখী করা। অপরদিকে ট্রানজিস্টরের প্রধান কাজ

সিগন্যাল বিবর্ধন করা এবং দ্রুত সুইচিং করা। আবার গাঠনিক বৈশিষ্ট্য পর্যালোচনা করলেও দেখা যায়, ট্রানজিস্টরের গঠন ডায়োডের গঠন অপেক্ষা ভিন্ন। ডায়োডের দুটি প্রান্ত অপরদিকে ট্রানজিস্টরের তিনটি প্রান্ত রয়েছে। আবার, ডায়াডের দুই অংশই সমানভাবে ডোপায়িত থাকে কিন্তু ট্রানজিস্টারের তিনটি অংশ ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে ডোপায়িত থাকে।

গ দেওয়া আছে,

ইলেকট্রন সংখ্যা, $N = 108$

সময়, $t = 10^{-8}$ s

জানা আছে,

ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

বের করতে হবে, এমিটার প্রবাহ, $I_E = ?$

আমরা জানি,

$$I_E = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t}$$

বা, $I_E = \frac{108 \times 1.6 \times 10^{-19}}{10^{-8}}$

$\therefore I_E = 1.728 \times 10^{-9}$ A **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, এমিটারে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যা $N = 108$টি

1% মুক্ত ইলেকট্রন পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হলে,

অবশিষ্ট ইলেকট্রন, $N' = N - N \times 1\%$

$$= 108 - \frac{108}{100} = 106.92 \approx 107 \text{ টি}$$

এই N′ সংখ্যক ইলেকট্রন সংগ্রাহক বা কালেক্টর দিয়ে গমন করে।

আমরা জানি, প্রবাহ বিবর্ধক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$$= \frac{N'}{N} = \frac{107}{108} = 0.99$$

অর্থাৎ, যদি 1% মুক্ত ইলেকট্রন পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধকের মান হবে 0.99।

প্রশ্ন ▶১৬ গবেষণাগারে একজন শিক্ষার্থী চারটি একই রকমের ডায়োড নিয়ে পরীক্ষা করছিল। সে দেখতে পেল যে প্রতিটি ডায়োডের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 0.4 volt পরিবর্তন করা হলে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন 100 mA হয়। ডায়োডগুলো ব্যবহার করে সে একটি পূর্ণ তরঙ্গ রেক্টিফায়ার তৈরি করে পরীক্ষণ শুরু করল। কিছুক্ষণ পর সে বর্তনী থেকে একটি ডায়োড খুলে ফেলল। *[ব. বো.২০১৫]*

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. ট্রানজিস্টরের পীঠের পুরুত্ব কম রাখা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ডায়োডের গতীয় রোধ কত? ৩

ঘ. ডায়োডটি খুলে ফেলার পর আউটপুট সিগন্যালের পরিবর্তন কীরূপ হবে তা সচিত্র বর্ণনা কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী কেলাসের মধ্যে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর বিশেষ প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয় বৈদ্যুতিক সংকেত বিবর্ধন করার উদ্দেশ্যে। ট্রানজিস্টরের সক্রিয় অঞ্চল হলো ভূমি/পীঠ। পীঠ যত পাতলা হবে, নিঃসরারক সংগ্রাহক তড়িৎক্ষেত্র তত বেশি শক্তিশালী হবে। এর ফলে পীঠ অঞ্চলে অল্প প্রবাহ প্রবেশ করালেই তার বিশাল প্রভাব পড়বে। অর্থাৎ প্রবাহ লাভের (β) মান অত্যধিক হবে। এ কারণেই ট্রানজিস্টরের পীঠ অংশ পাতলা করা হয়।

গ এখানে, ডায়োডের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন,

$\Delta V = 0.4$ V

এবং তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন হয়, $\Delta I = 100$ mA

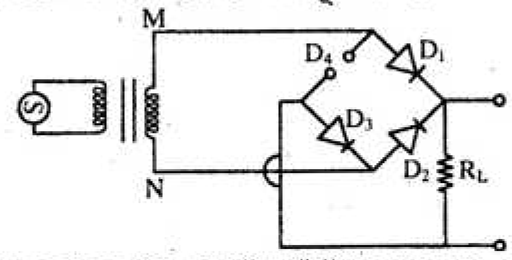
$= 100 \times 10^{-3}$ A $= 0.1$ A

ধরা যাক, ডায়োডটির গতীয় রোধ R

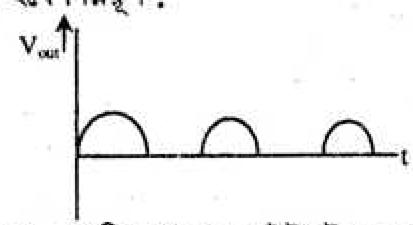
আমরা জানি, $R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.4 \text{ V}}{0.1 \text{ A}} = 4$

অতএব, উল্লিখিত ডায়োডটির গতীয় রোধ 4Ω। **(Ans.)**

ঘ মনে করি, পূর্ণতরঙ্গ ব্রীজ রেকটিফায়ারের চতুর্থ ডায়োডটি খুলে ফেলা হলো। তাতে বর্তনীটি দেখতে নিম্নরূপ হবে :

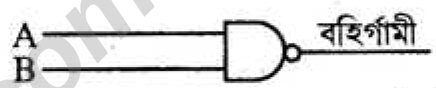


এবার M প্রান্ত ধনাত্মক এবং N প্রান্ত ঋণাত্মক হলে D_1 ও D_3 এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে অর্থাৎ আউটপুট ভোল্টেজ অশূন্য হবে। কিন্তু M ঋণাত্মক ও N ধনাত্মক হলে কোনো ডায়োডের মধ্য দিয়েই তড়িৎ প্রবাহিত হবে না বিধায় আউটপুট শূন্য হবে। সুতরাং আউটপুট সিগন্যাল দেখতে হবে নিম্নরূপ :



যা একটি অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারের আউটপুট। সুতরাং চারটি ডায়োড সমন্বয়ে গঠিত ব্রীজ পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারের একটি ডায়োড খুলে নিলে তখন তা অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ার রূপে আচরণ করবে।

প্রশ্ন ▶১৭



[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. যেকোনো সংকেত বিবর্ধনে ট্রানজিস্টর কেন ব্যবহার করা হয়। ২

গ. সত্যক সারণীর সাহায্যে উদ্দীপকের লজিক গেটটির ব্যাখ্যা করো। ৩

ঘ. "উদ্দীপকের লজিক গেটটি সার্বজনীন গেট হিসেবে পরিচিত"— উক্তিটি সঠিক কি? যথাযথ যুক্তির সাহায্যে তোমার মতামত ব্যাখ্যা করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ ট্রানজিস্টরের ইনপুটে কোনো সংকেত দিলে আউটপুটে তার বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া যায়। একারণে কোনো দুর্বল সংকেতকে শক্তিশালী করতে হলে একে বিবর্ধিত করার জন্য ট্রানজিস্টরকে বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

গ উদ্দীপকের লজিক গেটটি হলো NAND গেট।

আউটপুটের : $X = A \text{ NAND } B = \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$

NAND গেটের সত্যক সারণি নিম্নরূপ—

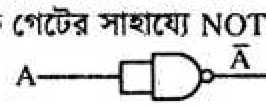
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

এ গেটে ইনপুটের সংকেতগুলোর মধ্যে যে কোন একটি সত্য হলে অর্থাৎ 1 হলে এ গেটের আউটপুট মিথ্যা হয় অর্থাৎ, 0 হয়।

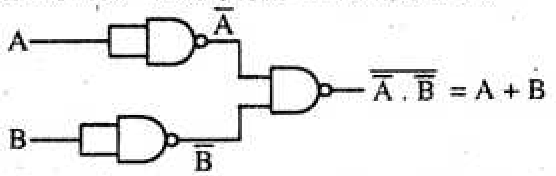
সত্যক সারণি হতে আমরা দেখতে পাই ইনপুট A ও B এর দুইটিই যখন মিথ্যা কেবল তখনই আউটপুট সত্য হয়। এদের একটি কিংবা উভয়েই সত্য হলে আউটপুট মিথ্যা হয়।

ঘ উদ্দীপকের লজিক গেটটির সাহায্যে অন্য সব লজিক গেট তৈরি করা যায় বলে একে সার্বজনীন গেট বলা হয়।

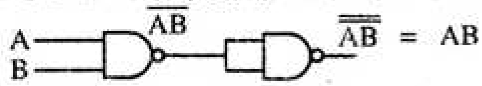
যেমন— NAND লজিক গেটের সাহায্যে NOT লজিক গেট তৈরি—



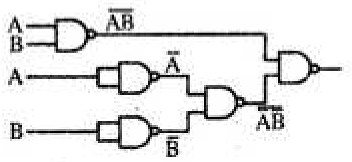
NAND লজিক গেটের সাহায্যে OR লজিক গেট তৈরি–



NAND লজিক গেটের সাহায্যে AND লজিক গেট তৈরি–



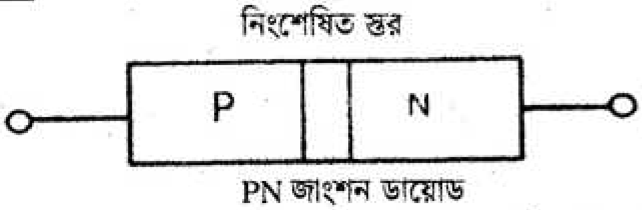
NAND গেটের সাহায্যে XOR লজিক গেট–



$$\overline{(\overline{\overline{AB}}\,.\,\overline{\overline{A}B})}$$
$$= \overline{\overline{AB}} + \overline{\overline{\overline{A}B}}$$
$$= AB + \overline{A}\overline{B}$$
$$= A \oplus B$$

এভাবে সবকটি লজিক গেটকে কেবল NAND লজিক গেট ব্যবহার করে তৈরি করা যায়। একারণে একে সার্বজনীন লজিক গেট বলা হয়।

প্রশ্ন ▶ ১৮



[পাবনা ক্যাডেট কলেজ]

ক. ডোপায়ন কাকে বলে? ১

খ. ডায়োডে কীভাবে ডিপ্লেশন স্তর তৈরি হয়? ২

গ. উপরের ডায়োডটিকে কীভাবে একটি পূর্ণতরঙ্গ রেক্টিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যেতে পারে? ৩

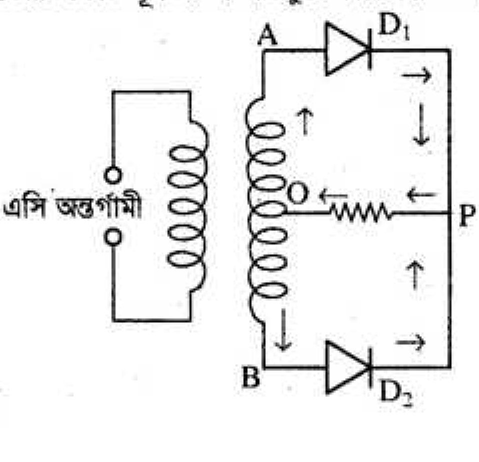
ঘ. উপরের ডায়োডটির বৈশিষ্ট্য লেখচিত্র আঁক এবং লেখচিত্রটি ব্যাখ্যা করো। সেখানে থেকে দেখাও যে, উপরোক্ত ডায়োডটির রোধ ধ্রুবক নয়। ৪

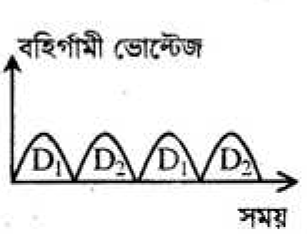
১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপায়ন বলে।

খ একটি ডায়োড তৈরি হয় একটি p-টাইপ ও একটি n-টাইপ অর্ধপরিবাহী দ্বারা। একটি ডায়োডে ব্যাপনের কারণে n-অঞ্চল থেকে মুক্ত ইলেকট্রন p-অঞ্চলে প্রবেশ করে হোল এর সাথে মিলিত হয়। ফলে p-অঞ্চলের কেলাসে আবদ্ধ ঋণাত্মক গ্রাহক আয়ন উন্মুক্ত হয়। একইভাবে p-অঞ্চল থেকে মুক্ত হোল n-অঞ্চলে প্রবেশ করে সংযোগতলের নিকটবর্তী মুক্ত ইলেকট্রনের সাথে মিলিত হয় ফলে n অঞ্চলের কেলাসে আবদ্ধ ধনাত্মক আয়ন মুক্ত হয়। এভাবে সংযোগতলের উভয়পাশে মুক্ত আধানবিহীন একটি অঞ্চল তথা ডিপ্লেশন স্তর তৈরি হয়।

গ উদ্দীপকে চিত্র ১ এর যন্ত্রটি হলো ডায়োড। দুটি ডায়োড ব্যবহার করে তৈরি একটি পূর্ণতরঙ্গ একমুখী কারকের বর্তনী ও ক্রিয়াকৌশল নিম্নরূপ:





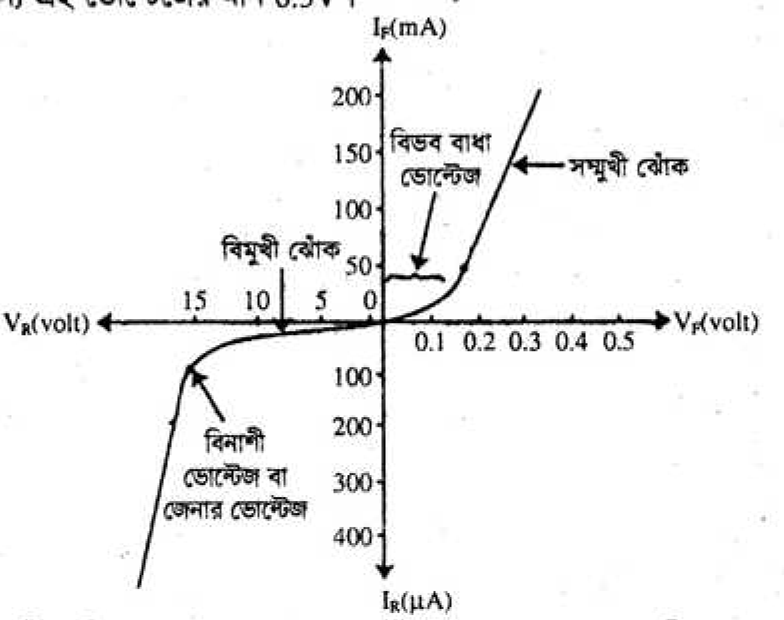
পূর্ণতরঙ্গ একমুখী কারকে এসি অন্তর্গামী উৎসের দুটি চক্রই কাজে লাগানো হয়। এজন্য বর্তনীতে কমপক্ষে দুটি ডায়োড ব্যবহার করা হয়। চিত্রে D_1 ও D_2 ডায়োড দুটিকে একটি ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুন্ডলী AB এর সাথে সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ডায়োড D_1 এসি অন্তর্গামী উৎসের গৌণকুন্ডলীর OA অংশে আগত উপরের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে এবং ডায়োড D_2 গৌণকুন্ডলীর OB অংশে আগত নিচের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে।

এসি অন্তর্গামীর প্রথম ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ধানাত্মক এবং B প্রান্ত ঋণাত্মক হয়, ফলে ডায়োড D_1 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহিত হয় কিন্তু D_2 ডায়োড বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না। এ ক্ষেত্রে OAD_1 PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। অন্তর্গামীর দ্বিতীয় অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ঋণাত্মক এবং B প্রান্ত ধনাত্মক হয় ফলে ডায়োড D_2 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

কিন্তু D_1 বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। এক্ষেত্রে OBD_2 PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। উভয় ক্ষেত্রেই ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয় অর্থাৎ, ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একমুখী তড়িৎ (D.C) প্রবাহিত হয়। চিত্রে অন্তর্গামী ও বহির্গামী প্রবাহ দেখানো হয়েছে। অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারের বেলায় যেখানে শুধুমাত্র অর্ধচক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় সেখানে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারের ক্ষেত্রে পূর্ণ চক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় বলে একে পূণতরঙ্গ রেকটিফায়ার বলে।

ঘ উদ্দীপকে উল্লিখিত ডায়োডটি একটি p-n জাংশন ডায়োড। নিচে এর বৈশিষ্ট্য লেখচিত্র অঙ্কন করে ব্যাখ্যা করা হলো–

ডায়োডের বৈশিষ্ট্য লেখ থেকে দেখা যায় যে, সম্মুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে সংযোগ দেওয়ার পর p-n জাংশনের বিভব বাধার কারণে প্রথমে কোনো প্রবাহ পাওয়া যায় না। প্রযুক্ত বিভবের মান একটি নির্দিষ্ট মান অতিক্রম করার পর তড়িৎ প্রবাহ দ্রুত সূচকীয়ভাবে বৃদ্ধি পেতে থাকে। ডায়োডের এই নির্দিষ্ট প্রযুক্ত ভোল্টেজকে সূচন ভোল্টেজ (Threshold voltage) বা কাট-ইন ভোল্টেজ (Cut in voltage) বা নী ভোল্টেজ (Knee Voltage) বলে। সিলিকনের জন্য এই ভোল্টেজের মান 0.7V এবং জার্মেনিয়ামের জন্য এই ভোল্টেজের মান 0.3V।

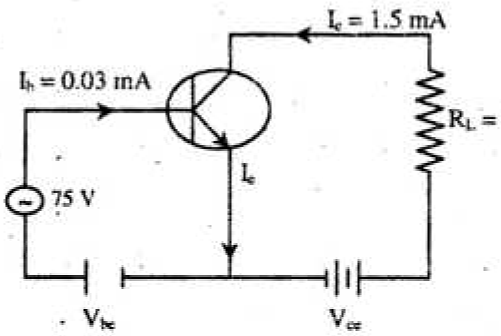


বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে সংযোগ দেওয়ার পর জংশনের বিভব বাধা বহুলাংশে বৃদ্ধি পায় ফলে সঙ্গত কারণে কোনো তড়িৎপ্রবাহ হওয়ার কথা নয়। কিন্তু p-টাইপ-এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক ইলেকট্রন এবং n-টাইপ-এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক হোল-এর জন্য খুবই সামান্য (মাইক্রো অ্যাম্পিয়ার পর্যায়ের) তড়িৎ প্রবাহ দেখা যায়। প্রযুক্ত বিভব বৃদ্ধি করলেও এই প্রবাহের মান প্রায় একই থাকে। এই প্রবাহকে বিমুখী সম্পৃক্ত প্রবাহ (Reverse saturation current) বা লিকেজ প্রবাহ (Leakage current) বলে। সিলিকন ডায়োডের জন্য, এর মান 1μA এর চেয়ে কম তবে জার্মেনিয়াম ডায়োডের বিমুখী ভোল্টেজ ক্রমাগত বাড়াতে থাকলে এক সময় হঠাৎ বিপুল পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া যায়,

যেন মনে হয় p–n জাংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। যে উচ্চ ভোল্টেজ এ ঘটনা ঘটে তাকে বিনাশী ভোল্টেজ (Breakdown voltage) বলে। 1934 সারে আমেরিকান বিজ্ঞানী সি. জেনার এ ঘটনার ব্যাখ্যা দেন বলে এই ঘটনাকে জেনার ক্রিয়া এবং এই ভোল্টেজকে জেনার ভোল্টেজও (Zener voltage) বলে।

যেহেতু ডায়োডের লেখচিত্র তড়িৎপ্রবাহ বনাম বিভবপার্থক্য লেখচিত্র তাই এ লেখচিত্রের $\frac{1}{\text{ঢাল}}$ হবে ডায়োডের রোধ। কিন্তু লেখচিত্রটি একটি বক্ররেখা। ফলে এর ঢাল ধ্রুবক নয়। অতএব, এর $\frac{1}{\text{ঢাল}}$ অর্থাৎ ডায়োডটির রোধও ধ্রুবক নয়।

প্রশ্ন ▶ ১৯



[রংপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. লজিক গেট কি? ১

খ. কোনো কণার বেগ এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে সম্পর্ক ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক থেকে α এর মান বের করো। ৩

ঘ. এই বর্তনীটিকে কি বৈদ্যুতিক সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা সম্ভব? ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সমস্ত ডিজিটাল ইলেকট্রনিক সার্কিট এক বা একাধিক ইনপুট গ্রহণ করে এবং একটিমাত্র আউটপুট প্রদান করে এবং যুক্তিভিত্তিক সংকেতের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে তাদেরকে লজিক গেট বলে।

খ কোনো গতিশীল কণার বেগের (v) সাথে এর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক নিম্নোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় :

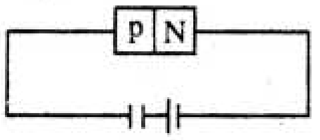
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

অর্থাৎ বেগ যত বেশি হবে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য তত ক্ষুদ্র হবে।
ওপরোক্ত সমীকরণটিকে ডি-ব্রগলী সমীকরণ বলে।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২০



[কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ]

ক. ট্রানজিস্টর কী? ১

খ. ট্রানজিস্টর কীভাবে সুইচ হিসেবে কাজ করে-- ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র থেকে I–V লেখচিত্রের বৈশিষ্ট্য আলোচনা করো। ৩

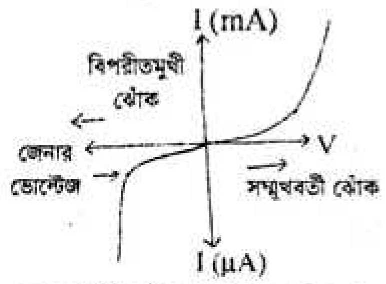
ঘ. কীভাবে একটি AC প্রবাহের পূর্ণতরঙ্গকে DC প্রবাহে পরিণত করা যায় ডিজাইন করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি একই ধরনের অর্ধপরিবাহীর মধ্যস্থলে এদের বিপরীত ধরনের অর্ধপরিবাহী বিশেষ প্রক্রিয়ায় পরস্পরের সাথে যুক্ত করে যে যন্ত্র তৈরি করা হয় তাকে ট্রানজিস্টর বলে।

খ ইনপুট ভোল্টেজ পরিবর্তন করে ট্রানজিস্টরকে দুটি অবস্থানে পরিবর্তন করা যায়। একটি বিচ্ছিন্ন অবস্থা এবং অন্যটি সম্পৃক্ত অবস্থা। ট্রানজিস্টরের এই চালু এবং বন্ধ অবস্থা সুইচিং ডিজিটাল কম্পিউটারে ব্যবহৃত হয়। একটি ট্রানজিস্টর প্রতি সেকেন্ডে বহু লক্ষবার অবস্থা পরিবর্তন করতে পারে। এক সুইচের আউটপুটকে অন্য সুইচের ইনপুট হিসেবে ব্যবহার করা যায় এবং বহু সংখ্যক সুইচকে যুক্ত করে অতি দ্রুততার সঙ্গে জটিল গাণিতিক হিসাব সম্পন্ন করা যায়।

গ



নিম্নে সম্মুখবর্তী V – I লেখচিত্র বিশ্লেষণ করা হলো:

i. সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কারেন্ট বৃদ্ধি পায় না। জার্মেনিয়াম, সিলিকন ডায়োডের জন্য 0.3V এবং 0.7V পর্যন্ত সম্মুখ কারেন্ট I_F শূন্য থাকে। 0.3V এবং 0.7V হলো জার্মেনিয়াম এবং সিলিকনের বিভব প্রাচীর ভোল্টেজ।

ii. বিভব বাড়াতে বাড়াতে বিভব প্রাচীরকে অতিক্রম করলে কিছুক্ষণের জন্য ভোল্টেজ বৃদ্ধির সাথে সাথে প্রবাহমাত্রা বাড়তে থাকে। V এবং I এর এ পরিবর্তন ও'মের নীতি মেনে চলে।

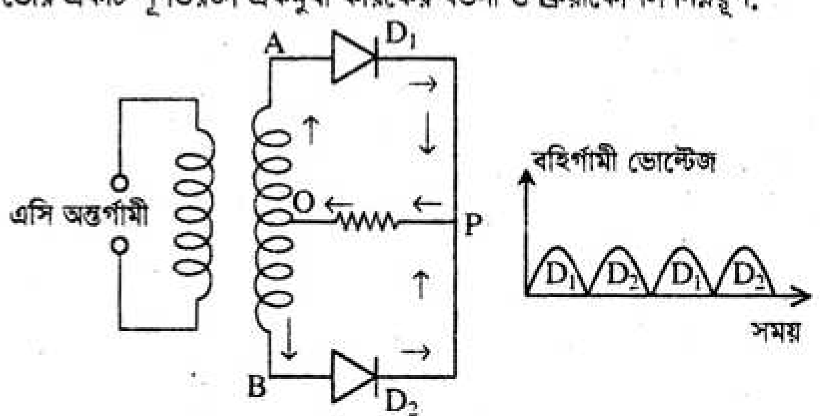
iii. এরপর ভোল্টেজ সামান্য বৃদ্ধি করলে প্রবাহমাত্রা দ্রুত বৃদ্ধি পায় এবং লেখচিত্রটি হাঁটু ভাজ করলে যেমন দেখায় তদ্রুপ হয়।

বিপরীত ঝোঁকের ক্ষেত্রে:

i. বিপরীত ঝোঁক V বৃদ্ধির সাথে বিপরীত কারেন্ট I বৃদ্ধি পেয়ে একটি স্থির মানে পৌঁছে এবং ভোল্টেজ বাড়ালেও কিছুক্ষণের জন্য স্থির থাকে। একে 'বিপরীত সম্পৃক্ত কারেন্ট' বলে। এর মান সাধারণত কয়েক μA.

ii. এরপর বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে ক্রান্তি মানে পৌঁছালে দেখা যায় যে, বিপরীত কারেন্ট হঠাৎ অনেকগুণ বেড়ে যায়। এ সময় p – n জাংশনের রোধ সম্পূর্ণরূপে ভেঙে যায়। তাই এই বিশেষ ভোল্টেজকে বলা হয় ব্রেকডাউন ভোল্টেজ বা জেনার ভোল্টেজ।

ঘ উদ্দীপকে চিত্র ১ এর যন্ত্রটি হলো ডায়োড। দুটি ডায়োড ব্যবহার করে তৈরি একটি পূর্ণতরঙ্গ একমুখী কারকের বর্তনী ও ক্রিয়াকৌশল নিম্নরূপ:



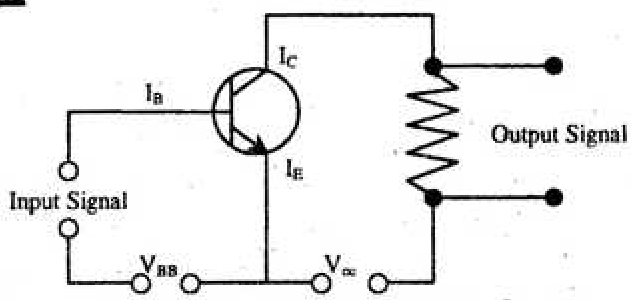
পূর্ণতরঙ্গ একমুখী কারকে এসি অন্তর্গামী উৎসের দুটি চক্রই কাজে লাগানো হয়। এজন্য বর্তনীতে কমপক্ষে দুটি ডায়োড ব্যবহার করা হয়। চিত্রে D_1 ও D_2 ডায়োড দুটিকে একটি ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুন্ডলী AB এর সাথে সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ডায়োড D_1 এসি অন্তর্গামী উৎসের গৌণকুন্ডলীর OA অংশে আগত উপরের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে এবং ডায়োড D_2 গৌণকুন্ডলীর OB অংশে আগত নিচের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে।

এসি অন্তর্গামীর প্রথম ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ধানাত্মক এবং B প্রান্ত ঋণাত্মক হয়, ফলে ডায়োড D_1 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহিত হয় কিন্তু D_2 ডায়োড বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না। এ ক্ষেত্রে OAD_1 PO পথে

তড়িৎ প্রবাহিত হয়। অন্তর্গামীর দ্বিতীয় অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ঋণাত্মক এবং B প্রান্ত ধনাত্মক হয় ফলে ডায়োড D_2 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

কিন্তু D_1 বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। এক্ষেত্রে OBD_2 PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। উভয় ক্ষেত্রেই ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয় অর্থাৎ ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একমুখী তড়িৎ (D.C) প্রবাহিত হয়। চিত্রে অন্তর্গামী ও বহির্গামী প্রবাহ দেখানো হয়েছে। অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারের বেলায় যেখানে শুধুমাত্র অর্ধচক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় সেখানে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারের ক্ষেত্রে পূর্ণ চক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় বলে একে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ার বলে।

প্রশ্ন ▶ ২১



[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

ক. কোয়াসার কী? ১

খ. কৃষ্ণ বিবরের সোয়ার্জ স্কাইল্ড ব্যাসার্ধ 17 km বলতে কী বোঝায়? ২

গ. যদি β = 50 এবং ভূমি প্রবাহ 50 mA হয় তাহলে উদ্দীপকের নিঃসারক প্রবাহ বের করো। ৩

ঘ. যদি উপরের বর্তনী থেকে নিঃসারক এবং DC ভোল্টেজ সরিয়ে ফেলা হয় তাহলে নতুন বর্তনী এবং আগের বর্তনীর মধ্যে তুলনা করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোয়াসার হলো মহাবিশ্বের সবচেয়ে উজ্জ্বল বস্তু।

খ কোন কৃষ্ণবিবরের সোয়ার্জশিল্ড ব্যাসার্ধ 17 km বলতে বুঝায় যে ঐ কৃষ্ণবিবরের চারপাশে 17 km ব্যাসার্ধের গোলকের মধ্যে কোন বস্তু বা ফোটন পতিত হলে তা আর ঐ বিবরের মধ্যাকর্ষন ভেদ করে বাইরে আসতে পারবে না। এই ব্যাসার্ধের মধ্যবর্তী স্থানে স্থান-কাল অসংজ্ঞায়িত হওয়ায় একে ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধও বলে।

গ এখানে, ভূমি প্রবাহ, $I_B = 50\text{ mA} = 50 \times 10^{-3}\text{A}$

$\beta = 50$

নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = ?$

আমরা জানি,

$\beta = \frac{I_c}{I_B}$

বা, $I_c = \beta I_B = 50 \times 50 \times 10^{-3} = 2.5\text{A}$

আবার,

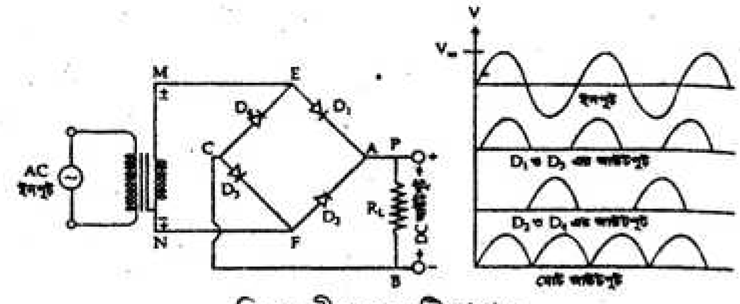
$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_E = 50 \times 10^{-3} + 2.5$

$\therefore I_E = 2.55$ A **(Ans.)**

ঘ এখানে, উদ্দীপকের বর্তনীতে প্রবাহ লাভ, β = 50 সুতরাং এটি input signal কে 50 গুণ বিবর্ধন করে Output signal প্রদান করে। সুতরাং মূলত এটি একটি অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে কাজ করে।

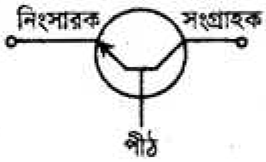
কিন্তু বর্তনীটির নিঃসারক এবং DC ভোল্টেজ উৎস সরিয়ে ফেললে এটি npn ট্রানজিস্টার থেকে pn জংশন ডায়োডে পরিণত হবে যা মূলত রেকটিফায়ার হিসেবে কাজ করে। কয়েকটি ডায়েড ব্যবহার করে তড়িৎ প্রবাহকে একমুখী করা যায়।



চিত্র : ব্রীজ রেকটিফায়ার

রেকটিফায়ারের A বিন্দু সর্বদা অ্যানোড এবং B বিন্দু ক্যাথোড হিসেবে ক্রিয়া করে। অন্তর্গামী AC এবং বহির্গামী DC সিগন্যালকে চিত্রে দেখানো হয়েছে। এভাবে প্রত্যেক AC সিগন্যালকে বহির্গামীতে DC হিসেবে পাওয়া যায়।

প্রশ্ন ▶ ২২



N – P – N

[ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. বিভব প্রাচীর কী? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীটি পূর্ণ কর এবং ট্রানজিস্টরের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করো। ৩

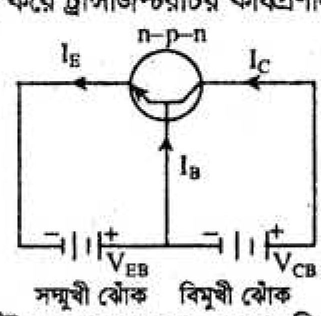
ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত ট্রানজিস্টরকে যদি সাধারণ নিঃসারক ট্রানজিস্টর দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয় তাহলে এটি কিভাবে অ্যামপ্লিফায়ার হিসাবে কাজ করবে? ব্যাখ্যা করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ একটি ডায়োডের দুই প্রান্তে প্রযুক্ত বিভবের মান একটি নির্দিষ্ট মান অতিক্রম করার পর তড়িৎপ্রবাহ দ্রুত সূচকীয়ভাবে বৃদ্ধি পেতে থাকে। এই বিভবের আগে তড়িৎ প্রবাহ বাড়লেও তার গতি খুবই ধীর হয়। তাই এই বিভবকেই বিভব প্রাচীর বলা হয়। সিলিকনের ক্ষেত্রে এই বিভব প্রাচীরের মান 0.7 V এবং জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে 0.3V.

গ নিচে বর্তনীটি পূর্ণ করে ট্রান্সজিস্টরটির কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করা হলো—



একটি n-p-n ট্রানজিস্টর দেখানো হয়েছে যার নিঃসারক-পীঠ জাংশনকে সম্মুখী এবং সংগ্রাহক-পীঠ জাংশনকে বিমুখী বায়াস করা হয়েছে। সম্মুখী বায়াস n-অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলোকে পীঠের দিকে প্রবাহিত করে ফলে নিঃসারক প্রবাহ I_E সৃষ্টি হয়। ইলেকট্রনগুলো p- টাইপ পীঠে প্রবেশ করার ফলে তারা সেখানকার হোল-এর সাথে মিলতে চায়। কিন্তু পীঠ খুব পাতলা হওয়ার কারণে সামান্য কিছু ইলেকট্রন (প্রায় 5%) হোল-এর সাথে মিলিত হয়ে খুব ক্ষুদ্র পীঠ প্রবাহ I_B সৃষ্টি করে এবং বাকি ইলেকট্রনগুলো (প্রায় 95%) n-টাইপ সংগ্রাহক অঞ্চলে প্রবেশ করে এবং সংগ্রাহক প্রবাহ I_C সৃষ্টি করে। এভাবে প্রায় সম্পূর্ণ নিঃসারক প্রবাহ সংগ্রাহক বর্তনীতে প্রবাহিত হয়। সুতরাং দেখা যায় নিঃসারক প্রবাহ হচ্ছে সংগ্রাহক ও পীঠ প্রবাহের সমষ্টির সমান। অর্থাৎ

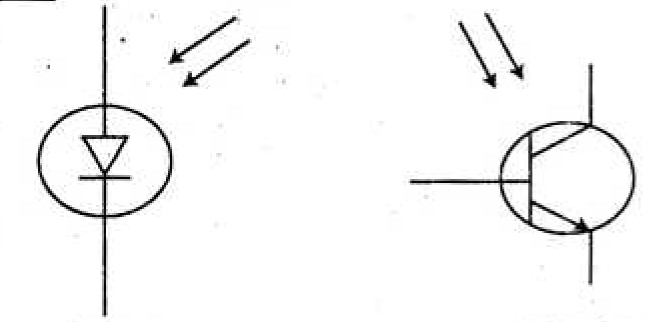
$I_E = I_B + I_C$

আবার, ΔI_E, ΔI_B এবং ΔI_C যথাক্রমে নিঃসারক প্রবাহ, পীঠ প্রবাহ এবং সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন হলে,

$\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C$

ঘ ৬(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২৩



ফটো ডায়োড
A

ফটো ট্রানজিস্টর
B

[ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]

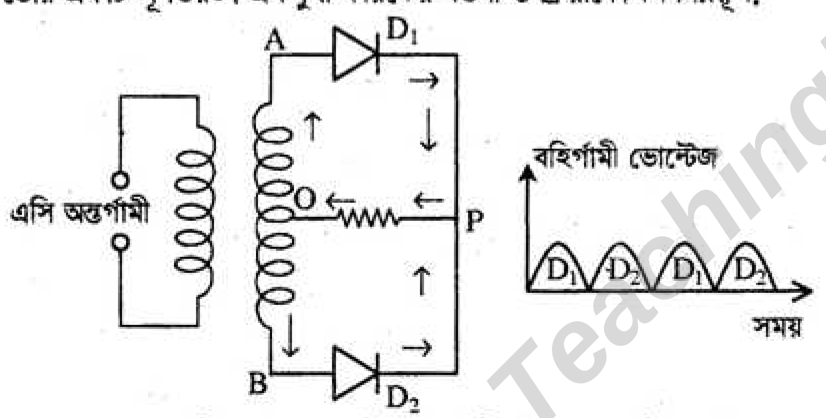
ক. ফোকাস তলের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. NAND গেইট একটি সর্বজনীন গেইট— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A কে কীভাবে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায়? চিত্রসহকারে ব্যাখ্যা করো। ৩
ঘ. B কে কীভাবে বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যায়— চিত্রসহকারে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লেন্সের প্রধান ফোকাসগামী এবং প্রধান অক্ষের উপর লম্ব তলকে ফোকাস তল বলে।

খ একাধিক NAND গেট ব্যবহার করে অন্য যেকোনো গেট তৈরি করা সম্ভব। শুধু NAND গেট ব্যবহার করে দুই বা ততোধিক ইনপুট এর AND, OR, NOT মৌলিক অপারেশনগুলো করা সম্ভব। তাই NAND গেট কে সার্বজনীন গেট বলা হয়।

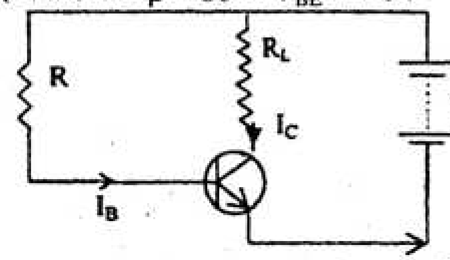
গ উদ্দীপকে চিত্র ১ এর যন্ত্রটি হলো ডায়োড। দুটি ডায়োড ব্যবহার করে তৈরি একটি পূর্ণতরঙ্গ একমুখী কারকের বর্তনী ও ক্রিয়াকৌশল নিম্নরূপ:



পূর্ণতরঙ্গ একমুখী কারকে এসি অন্তর্গামী উৎসের দুটি চক্রই কাজে লাগানো হয়। এজন্য বর্তনীতে কমপক্ষে দুটি ডায়োড ব্যবহার করা হয়। চিত্রে D_1 ও D_2 ডায়োড দুটিকে একটি ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুন্ডলী AB এর সাথে সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ডায়োড D_1 এসি অন্তর্গামী উৎসের গৌণকুন্ডলীর OA অংশে আগত উপরের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে এবং ডায়োড D_2 গৌণকুন্ডলীর OB অংশে আগত নিচের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে।
এসি অন্তর্গামীর প্রথম ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ধনাত্মক এবং B প্রান্ত ঋণাত্মক হয়, ফলে ডায়োড D_1 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহিত হয় কিন্তু D_2 ডায়োড বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না। এ ক্ষেত্রে OAD_1 PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। অন্তর্গামীর দ্বিতীয় অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ঋণাত্মক এবং B প্রান্ত ধনাত্মক হয় ফলে ডায়োড D_2 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।
কিন্তু D_1 বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। এক্ষেত্রে OBD_2 PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। উভয় ক্ষেত্রেই ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয় অর্থাৎ ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একমুখী তড়িৎ (D.C) প্রবাহিত হয়। চিত্রে অন্তর্গামী ও বহির্গামী প্রবাহ দেখানো হয়েছে। অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারের বেলায় যেখানে শুধুমাত্র অর্ধচক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় সেখানে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারের ক্ষেত্রে পূর্ণ চক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় বলে একে পূণতরঙ্গ রেকটিফায়ার বলে।

ঘ ৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২৪ চিত্রে প্রদর্শিত ট্রানজিস্টর সার্কিট এবং $R = 150k\Omega$ এবং $R_L = 750\Omega$ এবং প্রবাহ লাভ $\beta = 80$ ও V_{BE} নগণ্য।



[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

ক. আলোর সমবর্তন কী? ১
খ. ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় আলোক তরঙ্গের বিস্তার সমান না হলে কী ঘটবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ভূমি প্রবাহের (I_B) মান নির্ণয় কর? ৩
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের সংগ্রাহক ও নিঃসারক এর মধ্যে বিভব পতন (V_{CE}) নির্ণয় সম্ভব—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

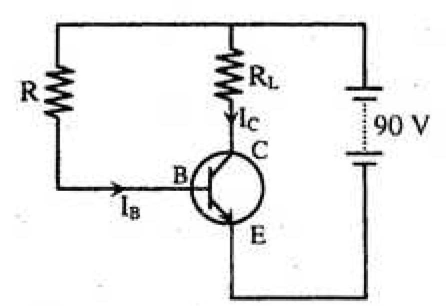
খ ইয়ংয়ের দ্বিচির পরীক্ষায় আলোক তরঙ্গের বিস্তার সমান না হলে পর্দায় সাদাকালো ডোরা পাওয়া যাবে না। পর্দায় আলোক উজ্জ্বলতার হ্রাস বৃদ্ধি ঘটলেও কখনো পুরোপুরি অন্ধকার অঞ্চল পাওয়া যাবে না।

গ V_{BE} নগণ্য বলে রোধ, R এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V = 90V$
ভূমি প্রবাহ I_B হলে,

$$I_B = \frac{V}{R} = \frac{90}{150 \times 10^3} = 6 \times 10^{-4}\ A = 600\mu A\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
রোধ, $R = 150\ k\Omega = 150 \times 10^3\ \Omega$

ঘ



সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে,

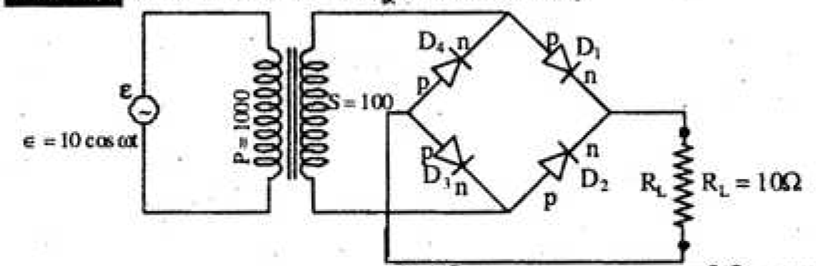
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

বা, $I_C = \beta I_B = 80 \times 600\mu A = 48000\mu A = 48mA.$

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 80$
'গ' থেকে পাই,
ভূমি প্রবাহ, $I_B = 600\ \mu A$

চিত্রের বর্তনীতে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,
$I_C R_L + V_{CE} = 90$
বা, $V_{CE} = 90 - I_C R_L = 90 - 48 \times 10^{-3} \times 750 = 90 - 36 = 54.$
অর্থাৎ, উদ্দীপকের সংগ্রাহক ও নিঃসারক এর মধ্যে বিভব পতন, V_{CE} এর মান 54V.

প্রশ্ন ▶ ২৫ উদ্দীপকটি থেকে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

ক. বিগ ব্যাং কী? ১

খ. ট্রান্সফর্মার শুধুমাত্র AC ভোল্টেজ পরিবর্তন করে কেন? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত একমুখীকারকের লোডে তড়িৎ প্রবাহ ও বিভবের পিক মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আউটপুট সিগনালের চিত্রসহ একমুখীকারক হিসেবে ডায়োড D_1, D_2, D_3 ও D_4 এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিজ্ঞানীদের ধারণা, সুদূর অতীতে এক মহাবিস্ফোরণের মাধ্যমে এই মহাবিশ্বের উৎপত্তি হয়েছিল। এ ঘটনাকে বিগ ব্যাং বলে।

খ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য ও কুণ্ডলীর মাঝে সরাসরি তড়িৎ সংযোগ থাকে না। মুখ্য কুণ্ডলীতে পরিবর্তী (AC) প্রবাহ সৃষ্টি করা হলে তার দরুন গৌণ কুণ্ডলীতে পরিবর্তী চৌম্বকক্ষেত্র জড়িত হয়। তাই $E = -N\frac{d\varphi}{dt}$ সূত্রানুসারে তখন গৌণ কুণ্ডলীতে ভোল্টেজ আবিষ্ট হয়। ডিসি ভোল্টেটের ক্ষেত্রে $d\varphi/dt = 0$ হয় বলে এক্ষেত্রে আউটপুট ভোল্টেজ শূন্য হয়। তাই ট্রান্সফর্মার শুধু AC ভোল্টেজ পরিবর্তন করে।

গ একমুখীকারকের লোডে বিভবের পিক মান E_2 হলে,

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

বা, $E_2 = \frac{N_2}{N_1} \times E_1$

$= \frac{100}{1000} \times 10$

$= 1V.$ **(Ans.)**

এখানে,
ট্রান্সফর্মারে,
মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $N_1 = 1000$
মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজের পিক মান, $E_1 = 10$
গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা, $N_2 = 100$

আবার, একমুখীকারকের লোডে কারেন্টের পিক মান I হলে,

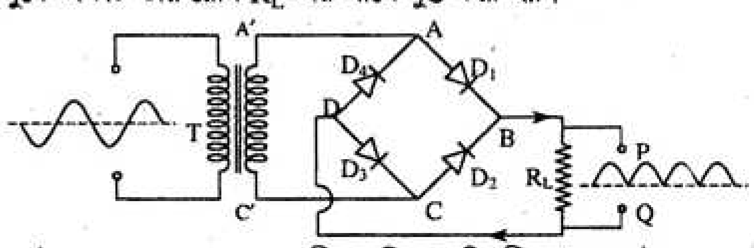
$I = \frac{E_2}{R}$

$= \frac{1}{10}$

$= 0.1A$ **(Ans.)**

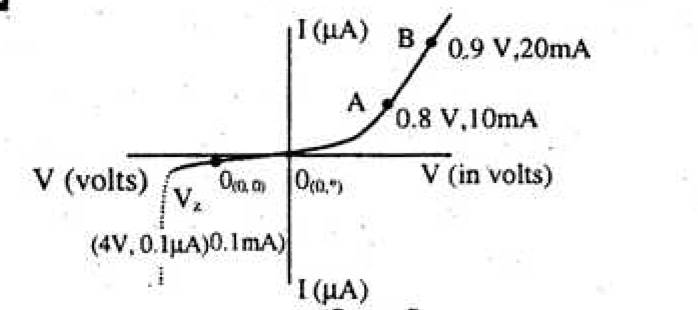
এখানে,
রোধ, $R_L = 10\ \Omega$

ঘ চিত্রে ব্রীজ রেকটিফায়ার বর্তনী দেখানো হয়েছে। চারটি ডায়োড D_1, D_2, D_3 ও D_4 চিত্রানুরূপ ABCD চতুর্ভুজ আকারে যুক্ত করা হয়। A ও C বিন্দুকে একটি ট্রান্সফরমারের গৌণ কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের সাথে এবং B ও D বিন্দুকে একটি ভার রোধ R_L-এর সাথে যুক্ত করা হয়।



এখন ট্রান্সফরমারের মুখ্য কুণ্ডলীকে দিক পরিবর্তী প্রবাহের উৎসের সাথে যুক্ত করা হলে তা গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট হয়। দিকপরিবর্তী প্রবাহের ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ধনাত্মক এবং C প্রান্ত ঋণাত্মক হয়, এতে D_1 ও D_3 সম্মুখী বায়াসে থাকে। এ সময় $ABR_LDCC'A'A$ পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। আবার দিক পরিবর্তী প্রবাহের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ঋণাত্মক এবং C প্রান্ত ধনাত্মক হয়, এতে D_2 ও D_4 সম্মুখী বায়াসে থাকে। এ সময় $CBR_LDAA'C'C$ পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। সুতরাং, দেখা যাচ্ছে যে, ইনপুটে প্রযুক্ত দিকপরিবর্তী প্রবাহের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় চক্রের জন্যই ভার রোধ R_L-এর মধ্যদিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, অর্থাৎ R_L-এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ সর্বদা একমুখী।

প্রশ্ন ▶ ২৬



[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. ডায়োডের ডিপ্লেশন স্তরের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী অন্তরক-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লেখচিত্র হতে সম্মুখ ঝোঁক এবং বিমুখ ঝোঁকের রোধের মান নির্ণয় করে তুলনা করো। ৩

ঘ. রেক্টিফায়ারে কীভাবে ac সিগনালকে dc পরিণত করে লেখচিত্রের সাহায্যে দেখাও এবং এই dc কে কীভাবে smooth করা যায় ব্যাখ্যা করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি p-type ও n-type অর্ধপরিবাহীর সংযোগস্থলে চার্জ জমা হয়ে তড়িৎ প্রবাহের জন্য বাধাদানকারী স্তর সৃষ্টি করে। এই স্তরকে ডিপ্লেশন স্তর বলে।

খ যে পদার্থের যোজন ব্যান্ড প্রায় পূর্ণ থাকে এবং পরিবহন ব্যান্ড প্রায় ফাঁকা থাকে তাই অর্ধপরিবাহী পদার্থ। অর্ধ-পরিবাহী পদার্থের যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু সংখ্যক যোজনী বন্ধন ভেঙে অল্প সংখ্যক ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে ইলেকট্রনের যোজন ব্যান্ড হতে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যাওয়া বা তাপমাত্রা হ্রাস করলে ইলেকট্রনের পরিবহন ব্যান্ড হতে যোজন ব্যান্ডে ফিরে আসা ত্বরান্বিত হয়। নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীতে পরিবহন ব্যান্ডের সকল ইলেকট্রন যোজন ব্যান্ডে চলে আসে। ফলে নিম্নতাপমাত্রায় পরিবহন ব্যান্ড সম্পূর্ণ খালি এবং যোজন ব্যান্ড সম্পূর্ণ পূর্ণ থাকে। ব্যান্ডতত্ত্ব অনুসারে পদার্থের এরকম অবস্থায় তাদের অন্তরক বলে।
অর্থাৎ নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকে পরিণত হয়।

গ

সম্মুখ ঝোঁকে রোধের মান,

$R_f = \frac{V_2 - V_1}{i_2 - i_1}$

$= \frac{0.9 - 0.8}{20 \times 10^{-3} - 10 \times 10^{-3}}$

$= 10\Omega$

এখানে,
সম্মুখ ঝোঁকের ক্ষেত্রে,
A বিন্দুতে বিভব $V_1 = 0.8V$
B বিন্দুতে বিভব, $V_2 = 0.9V$
A বিন্দুতে প্রবাহ, $I_1 = 10mA = 10 \times 10^{-3}A$
B বিন্দুতে প্রবাহ, $I_2 = 20mA = 20 \times 10^{-3}A$

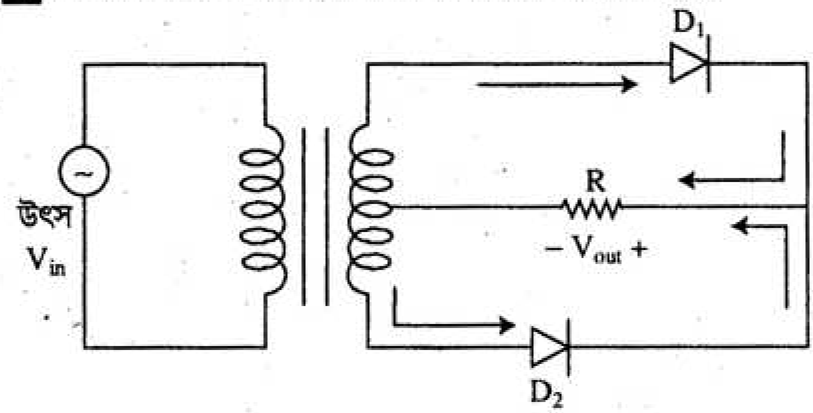
বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে রোধের মান,

$R_e = \frac{4}{1 \times 10^{-7}}$

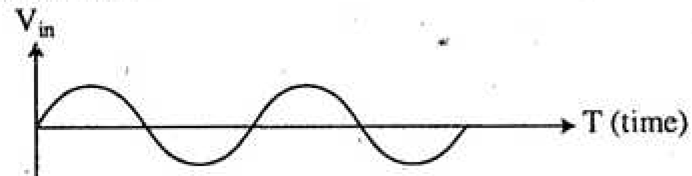
$= 4 \times 10^7\Omega$ **(Ans.)**

বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে,
বিভব, V = 4V
প্রবাহ, $I = 0.1\mu A = 1 \times 10^{-7}A$

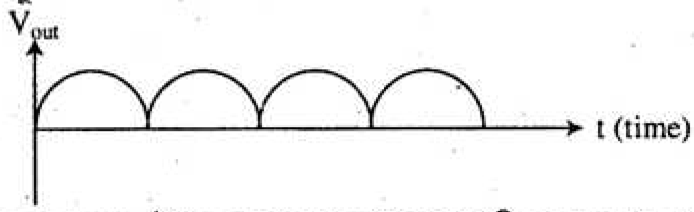
ঘ রেকটিফায়ার ac সিগনালকে dc সিগনালে পরিণত করে।



উৎসের লেখচিত্র :

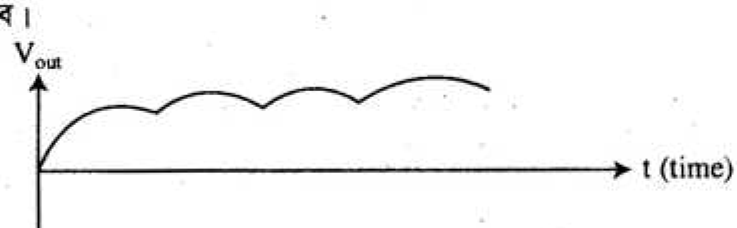


আউটপুট বিভবের লেখচিত্র :



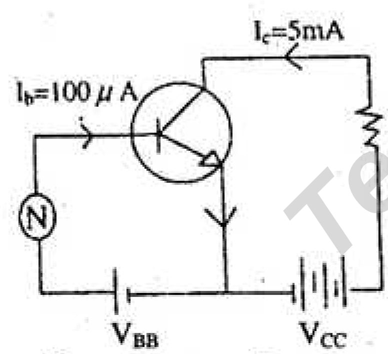
অর্থাৎ ডায়োড D_1 উৎসের ধনাত্মক অংশকে প্রবাহিত করে এবং ডায়োড D_2 উৎসের ঋণাত্মক অংশের সময় On থাকে যার ফলে প্রবাহ D_2 এর ভিতর দিয়ে হয়। যখন D_1 On থাকে তখন D_2 Off থাকে এবং যখন D_2 On থাকে তখন D_1 off থাকে। এ কারণে ইনপুট পর্যাবৃত্ত ভোল্টেজের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের সময় আউটপুট যেদিকে পাওয়া যায় তেমনি ঋণাত্মক অর্ধচক্রের সময়ও আউটপুট একই দিকে পাওয়া যায়। এভাবে ইনপুটের পর্যাবৃত্ত ভোল্টেজ একমুখী হয় অর্থাৎ ac ভোল্টেজ dc ভোল্টেজে পরিণত হয়।

এখন প্রাপ্ত V_{out} কে smooth করতে হলে রোধের সাথে সমান্তরালে একটি ধারক, C যোগ করতে হবে। এবং প্রবাহের output নিম্নরূপ হবে।



যা পূর্বের তুলনায় বেশি smooth এখন R ও C এর মান এমনভাবে নেওয়া হয় যাতে d.c voltage আরও smooth হয়।

প্রশ্ন ▶ ২৭



উদ্দীপকের আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. জেনার ভোল্টেজ কী? ১

খ. ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে অর্ধপরিবাহীর বৈশিষ্ট্য লিখ। ২

গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত যন্ত্রটিকে কীভাবে বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহার করা যায় বিশ্লেষণ করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জংশনে বিমুখী ঝোঁকে ভোল্টেজ বাড়াতে থাকলে শেষে এক সময় হঠাৎ করে বিপুল পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। যেন মনে হয় p-n জংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে যে ভোল্টেজের জন্য এরূপ ঘটে তাকে জেনার ভোল্টেজ বা জেনার বিভব (Zener Voltage) বলে।

খ পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথের ইলেক্ট্রনগুলোকে যোজন ইলেকট্রন এবং এদের শক্তির পাল্লা বা ব্যান্ডকে যোজন ব্যান্ড বলে। পরমাণুর মুক্ত যোজন ইলেক্ট্রনগুলো তড়িৎ পরিবহনে অংশগ্রহণ করে বলে এদের পরিবহন ইলেক্ট্রন ও এদের ব্যান্ডকে পরিবহন ব্যান্ড বলে। এ দুই ব্যান্ডের মধ্যবর্তী ব্যান্ডকে নিষিদ্ধ ব্যান্ড বলে। অর্ধপরিবাহকে যোজন শক্তি ব্যান্ড প্রায় পূর্ণ থাকে ও পরিবহন ব্যান্ড প্রায় ফাঁকা থাকে। এছাড়া যোজন ব্যান্ড ও শক্তি ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। কক্ষতাপমাত্রায় জার্মেনিয়ামের জন্য 0.7eV ও সিলিকনের জন্য 1.1eV। ফলে তুলনামূলক কম শক্তি প্রয়োগেই ইলেক্ট্রনগুলোকে যোজন ব্যান্ড হতে পরিবহন ব্যান্ডে স্থানান্তর সম্ভব। একারণে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে এদের তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

গ প্রবাহ লাভ, β হলে,

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$= \frac{5 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}}$

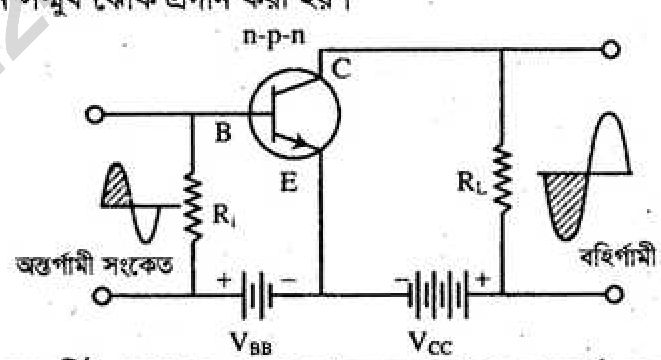
$= 50$ **(Ans.)**

এখানে,
বেস কারেন্ট, $I_B = 100\mu A = 100 \times 10^{-6} A$
কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 5mA = 5 \times 10^{-3} A$

ঘ ট্রানজিস্টর অ্যাম্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহৃত হয়। চিত্রে একটি সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধকের বর্তনী দেখানো হয়েছে। নিঃসারক পীঠ জংশনে একটি দুর্বল অন্তর্গামী সংকেত প্রদান করা হয় এবং সংগ্রাহক বর্তনীতে সংযুক্ত রোধ R_L থেকে বহির্গামী সংকেত গ্রহণ করা হয়। ভাল বিবর্ধন বা অ্যাম্লিফিকেশন পাওয়ার জন্য অন্তর্গামী বর্তনীকে সর্বদা সম্মুখী বায়াসে রাখা হয় এবং তা করার জন্য অন্তর্গামী বর্তনীতে অন্তর্গামী সংকেতের অতিরিক্ত একটি ডি.সি ভোল্টেজ V_{BB} প্রয়োগ করতে হয় যাকে বায়াস ভোল্টেজ বলে।

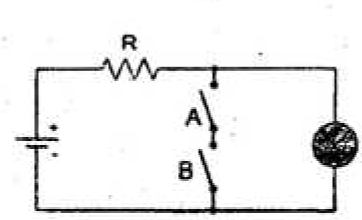
সম্মুখী ঝোঁক দেওয়ায় অন্তর্গামী বর্তনীতে রোধ খুব কম হয়। নিঃসারক সংগ্রাহক বর্তনী অর্থাৎ বহির্গামী বর্তনীতে V_{CC} ব্যাটারির মাধ্যমে বিমুখী ঝোঁক প্রদান করা হয়।

নিঃসারক পীঠ জংশনে প্রযুক্ত সংকেতের ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় জংশনে সম্মুখ ঝোঁক প্রদান করা হয়।



নিঃসারক পীঠ জংশনে প্রযুক্ত সংকেতের ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় জংশনের সম্মুখ ঝোঁক বৃদ্ধি পায় ফলে অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন নিঃসারক থেকে পীঠ-এর মধ্য দিয়ে সংগ্রাহকে প্রবাহিত হয় এবং সংগ্রাহক প্রবাহ বৃদ্ধি পায়। তাই বেড়ে যাওয়া সংগ্রাহক প্রবাহ (I_C) ভার রোধ R_L এ অধিক পরিমাণ বিভব পতন সৃষ্টি করে। অর্থাৎ বহির্গামীতে অধিক ভোল্টেজ পাওয়া যায়। সংকেতের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য নিঃসারক-পীঠ জংশনের সম্মুখী ঝোঁক হ্রাস পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহও কমে যায়। সংগ্রাহক প্রবাহ কমে যাওয়ায় বহির্গামী ভোল্টেজও হ্রাস পায় তবে তা অন্তর্গামী থেকে বেশি হয়। এভাবে ট্রানজিস্টর কোনো দুর্বল সংকেতকে অ্যাম্পলিফাই বা বিবর্ধিত করে।

প্রশ্ন ▶ ২৮



[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক. ব্যান্ড তত্ত্ব কাকে বলে? ১

খ. কমন এমিটার বিন্যাসের ট্রানজিস্টরকে কেন আদর্শ বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহার করা হয়– ব্যাখ্যা করো। ২

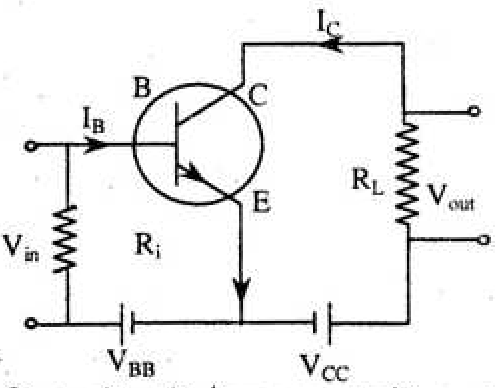
গ. উদ্দীপকের বর্তনীটি লজিক গেইটের সমতুল্য তার প্রতীক ও সত্যক সারণি লিখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটির শুধু সুইচের বিন্যাসের পরিবর্তন করে এমন লজিক গেইট তৈরি কর যার দুটি ইনপুট মিথ্যা হলেই কেবল আউটপুট সত্য হবে। প্রতীক ও সত্যক সারণির সাহায্যে উক্তিটির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন পদার্থের পরমাণুর কক্ষপথের বিভিন্ন স্তরের শক্তি তথা বিভিন্ন ব্যান্ডের শক্তির উপর ভিত্তি করে তার তড়িৎ পরিবাহীতা রোধ ইত্যাদি সম্পর্কে ধারণা যে তত্ত্ব হতে পাওয়া যায় তাকে ব্যান্ড তত্ত্ব বলে।

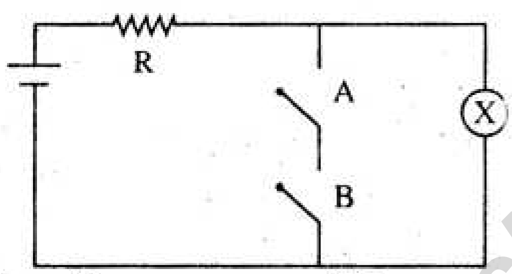
খ



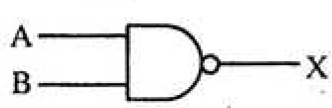
কমন এমিটার বিন্যাসে ইনপুটে থাকে বেস কারেন্ট, I_B এবং আউটপুটে থাকে কালেক্টর কারেন্ট, I_C। বেস কারেন্টের তুলনায় কালেক্টর কারেন্ট বেশ বড় হওয়ায়, বেস কারেন্টের সামান্য পরিবর্তনের জন্য কালেক্টর কারেন্টে অনেক বেশি পরিবর্তন হয়। ফলে, কমন এমিটার প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ এর মান অনেক বেশি হয়।

এ কারণে এ বিন্যাসকে আদর্শ বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

গ



চিত্রের বর্তনীতে যদি A অথবা B এর দুইটির যে কোন একটি অথবা দুইটিই যদি খোলা থাকে তবে X এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ যায়। অর্থাৎ, A = 0 অথবা B = 0 হলে, X = 1 কিন্তু A ও B দুইটিই যদি বন্ধ থাকে, তবে বর্তনীতে উক্ত পথে শর্ট সার্কিটেড হয়ে যায় এবং X এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ হয় না। ফলে, A = 1 ও B = 1 হলে, X = 0 এটি NAND লজিক গেইটের সমতুল্য। NAND লজিক গেইটের প্রতীক নিম্নরূপ :



NAND গেইটের সত্যক সারণি নিম্নরূপ–

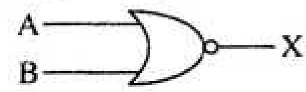
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ঘ দুটি ইনপুট মিথ্যা হলেই আউটপুট সত্য হওয়ার অর্থ হল, A = 0 এবং B = 0 হলেই কেবল X = 1 হবে। অন্য যে কোন বিন্যাসের জন্য X = 0 হবে।

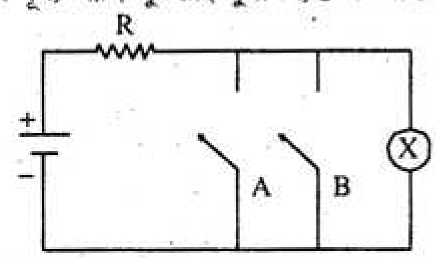
উক্ত লজিক গেইটের সত্যক সারণি হল–

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

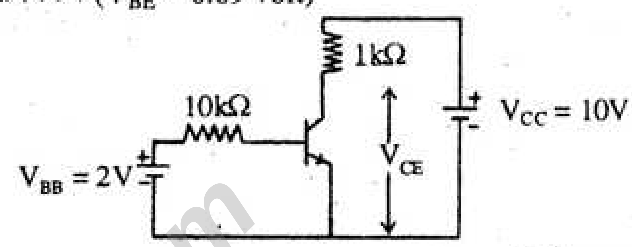
এটি NOR লজিক গেইটের সত্যক সারণি এবং এর প্রতীক হল নিম্নরূপ–



চিত্রে বর্তনীতে সুইচের বিন্যাস পরিবর্তন করে NOR গেইট তৈরি করতে হলে A ও B সুইচ এমন স্থানে বসবে যেন এদের যে কোনো একটি বন্ধ হলেই তড়িৎ প্রবাহ এদের মধ্য দিয়ে চলে যায়, ফলে X এর মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ শূন্য হয়। সুতরাং পুনর্বিন্যস্ত বর্তনী নিম্নরূপ–



প্রশ্ন ▶ ২৯ নিম্নলিখিত সিলিকন বেজড ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ 50। বেরিয়ার বিভব (V_{BE} = 0.69 volt)



[হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা]

ক. স্থির ভর কাকে বলে? ১

খ. হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক থেকে ট্রানজিস্টরের পীঠ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নিঃসারক এবং সংগ্রাহকের মধ্যে বিভব পার্থক্য (V_{CE}) নির্ণয় সম্ভব কিনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বস্তু এবং পর্যবেক্ষকের মধ্যে আপেক্ষিক বেগ না থাকলে, পর্যবেক্ষকের পরিমাপে বস্তুর যে ভর পাওয়া যায় তাকে বস্তুর স্থির ভর বা নিশ্চল ভর বলে।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি হলো– কোনো কণার অবস্থান ও ভরবেগ নির্ভুলভাবে যুগপৎ পরিমাপ করা যায় না।

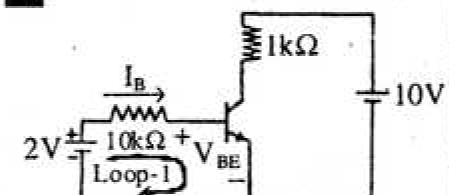
নিম্নোক্ত সম্পর্ক দ্বারা সীমাবদ্ধ নির্ভুলতাসহ এ রাশিগুলোর মান নির্ণয় করা যেতে পারে–

$$\Delta x\, \Delta p \geq \frac{1}{2}\,\frac{h}{2\pi}$$

$$\text{বা, } \Delta x\, \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \quad \left(\because \hbar = \frac{h}{2\pi}\right)$$

এখানে Δx এবং Δp যথাক্রমে অবস্থান ও ভরবেগ নির্ণয়ে অনিশ্চয়তার পরিমাণ। সম্পর্কটি থেকে বোঝা যায়, বস্তুর অবস্থান যত বেশি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায় তার ভরবেগ তত কম নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যাবে। আবার, বেশি নির্ভুলভাবে ভরবেগ নির্ণয় করতে হলে কম নির্ভুলভাবে অবস্থান নির্ণয় করতে হবে।

গ



এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 50$
বেরিয়ার বিভব, $V_{BE} = 0.69$ volt
রোধ, $R = 10 k\Omega$
$= 10 \times 10^3\,\Omega$
পীঠ প্রবাহ, $I_B = ?$

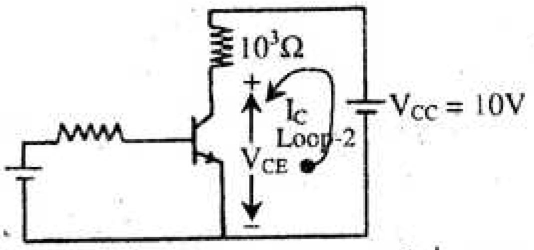
loop-1 এ কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করি,

$$-2 + 10 \times 10^3\, I_B + 0.69 = 0$$

$$I_B = \frac{2 - 0.69}{10 \times 10^3} = 0.131 \times 10^{-3} A$$
$$= 0.131 \text{ mA}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.131\ mA = 0.131 \times 10^{-3} A$
এবং প্রবাহ লাভ, $\beta = 50$
কালেক্টর প্রবাহ, $I_C = \beta I_B$
$= 50 \times 0.131\ mA$
$= 6.55 \times 10^{-3}\ A$

এখন,



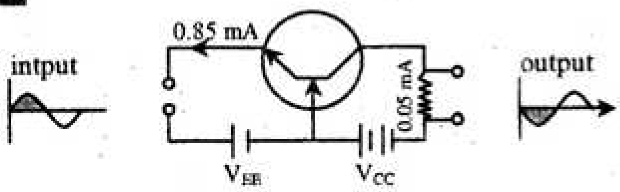
loop-2 এ কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-V_{CC} + (I_C \times 10^3) + V_{CE} = 0$

বা, $V_{CE} = V_{CC} - (I_C \times 10^3)$
$= 10 - (10^3 \times 6.55 \times 10^{-3})$
$= 10 - 6.55$
$= 3.45V$

এখানে,
$mA \times k\Omega = volts$

প্রশ্ন ▶৩০



[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. ডোপিং কী? ১
খ. PN জাংশন এর V-I লেখ এঁকে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক কত? ৩
ঘ. চিত্রের বর্তনীটি কীভাবে Input কে পরিবর্তিত করে output এ পাঠায়? ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ ও'মের সূত্রানুসারে, V = IR (নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়); এখানে R (রোধ) কে ধ্রুবমানের বিবেচনা করা হয়। ফলে V বনাম I লেখ মূলবিন্দুগামী সরলরেখা হয়, যার তাৎপর্য হলো V-এর পরিবর্তনের সাথে I সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়। তবে পাশে দেখানো p-n জাংশন ডায়োডের বৈশিষ্ট্যসূচক লেখচিত্র হতে স্পষ্ট যে, এখানে, I, V-এর সমানুপাতিক হারে বৃদ্ধি পায় না (কারণ মূলবিন্দুগামী কোনো সরলরেখা নেই)। একারণেই বলা হয়, p-n জাংশন ডায়োডের I-V বৈশিষ্ট্যসূচক লেখচিত্র ওহমিক বৈশিষ্ট্য মেনে চলে না।

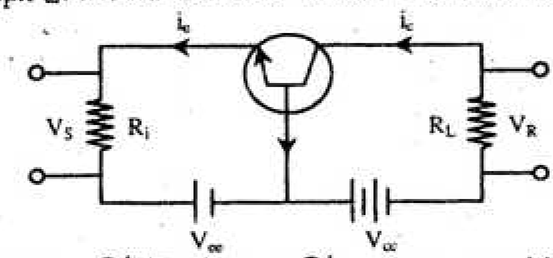


গ প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, α হলে,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$
$= \frac{I_E - I_B}{I_E}$
$= \frac{0.85 - 0.05}{0.85}$
$= 0.941$ **(Ans.)**

এখানে,
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0.85\ mA$
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.05\ mA$

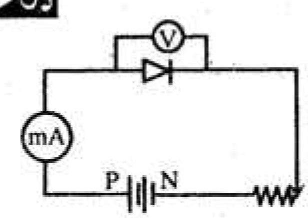
ঘ এটি npn ট্রানজিস্টর দ্বারা তৈরি সাধারণ পীঠ বিবর্ধকের বর্তনী।



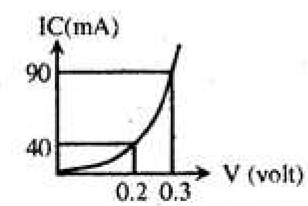
এতে নিঃসারক ও পীঠ ইনপুট এবং পীঠ ও সংগ্রাহক আউটপুট হিসেবে কাজ করে। নিঃসারক ডায়োডকে সম্মুখী বায়াস করার জন্য নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বায়াস বিভব V_{ee} এবং সংগ্রাহক ডায়োডকে বিমুখী বায়াস করার জন্য সংগ্রাহক ও নিঃসারকের মধ্যে বায়াস বিভব V_{cc} প্রয়োগ করা হয়। ইনপুট বায়াস বিভব V_{ee} ইনপুট সংকেতের বিস্তার বিভব থেকে বড় হতে হবে যেন ইনপুট সংকেত বায়াস বিভবের বিপরীতে ক্রিয়া করলেও তা সম্মুখী বায়াস বিশিষ্ট হয়। ইনপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত R_i রোধে ইনপুট সংকেত প্রয়োগ করা হয় এবং আউটপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত উচ্চ ভার রোধ R_L থেকে আউটপুট সংকেত গ্রহণ করা হয়।

ইনপুট সংকেত বিভব V_S এর পরিবর্তনে নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বিভব V_{be} পরিবর্তীত হয়, ফলে i_c-ও পরিবর্তিত হয়। V_{be} বৃদ্ধি পেলে পীঠ সংগ্রাহক রোধ হ্রাস পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c বৃদ্ধি পায়। এতে পীঠ সংগ্রাহক বিভব হ্রাস পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R বৃদ্ধি পায়। একইভাবে V_{be} হ্রাস পেলে নিঃসারক সংগ্রাহক রোধ বৃদ্ধি পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c হ্রাস পায়। এতে নিঃসারক সংগ্রাহক বিভব বৃদ্ধি পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R হ্রাস পায়। R_L এর রোধ খুব বেশি হওয়ায় i_c এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। সুতরাং, বলা যায়, V_S এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। তাই ইনপুটে একটি কম বিস্তারের সংকেত প্রয়োগ করা হলে আউটপুটে একটি বেশি বিস্তারের সংকেত পাওয়া যায় অর্থাৎ সংকেতটি বিবর্ধিত হয়।

প্রশ্ন ▶৩১



চিত্র-ক



চিত্র-খ

চিত্র-ক এর মত বর্তনী সংযোগ থেকে চিত্র-খ এর মত লেখচিত্র পাওয়া গেল।

[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. বিগ ব্যাং কী? ১
খ. P-N জাংশন ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার, চার্জ নিরপেক্ষ কেন? ২
গ. উদ্দীপকের ডায়োডের গতীয় রোধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. চিত্র-ক এর P-এর সংযোগ ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তে এবং N-এর সংযোগ ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে দেয়া হলে বর্তনীটি অংকন করো। অঙ্কিত বর্তনীর I-V লেখ দেখাও এবং উভয় ক্ষেত্রে লেখটি ব্যাখ্যা করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাবিস্ফোরণের মাধ্যমে মহাবিশ্ব সৃষ্টির ঘটনাকে বিগ-ব্যাং বলে।

খ একটি P-টাইপ ও একটি N-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীনে সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠকে P-N জাংশন বলে। P-N জাংশনের যে পাশে P-টাইপ অঞ্চল সেখানে সংখ্যাগুরু বাহক হোল এবং যে পাশে N-টাইপ অঞ্চল সেখানে ইলেকট্রনের আধিক্য অনেক বেশি। যখন P-টাইপ অঞ্চল এবং P-টাইপ অঞ্চল যুক্ত হয় তখন N-অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো P-অঞ্চলের হোল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপন ক্রিয়ার মাধ্যমে জাংশনের দিকে ছুটে যায়। একইভাবে P-অঞ্চলের হোলগুলো N-অঞ্চলের ইলেকট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপনের মাধ্যমে

সংযোগস্থলের দিকে ছুটে যায়। P-N জাংশনস্থলে ইলেকট্রন ও হোল পরমাণু মিলিত হয়ে নিরপেক্ষ হয়ে যায়। এ কারণে P-N জাংশন ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার সামগ্রিকভাবে তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ ডায়োডের গতীয় রোধ, R হলে,

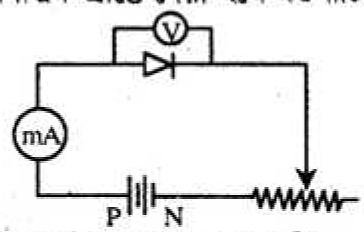
$R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$

$= \frac{0.1}{50 \times 10^{-3}}$

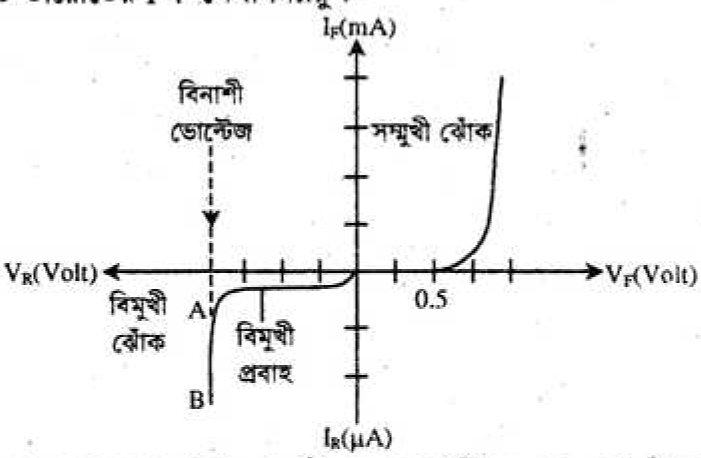
$= 2\Omega$ **(Ans.)**

এখানে, চিত্র-খ থেকে,
বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন
$\Delta V = 0.3 - 0.2 = 0.1V$
তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন
$\Delta I = 90 - 40 = 50$ mA
$= 50 \times 10^{-3}$A

ঘ চিত্র-ক এর P এর সংযোগ ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তে ও N-এর সংযোগ ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে দেয়া হলে বর্তনীটি হবে—

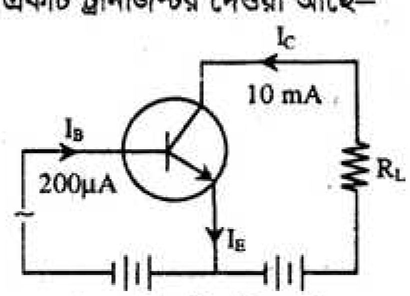


এটি হল বিমুখী ঝোঁকে সংযুক্ত ডায়োডের বর্তনী।
একটি ডায়োডের I-V লেখা নিম্নরূপ—



এক্ষেত্রে X-অক্ষের ধনাত্মক দিকের অংশটি হল সম্মুখঝোঁকে যুক্ত ডায়োডের লেখ। এক্ষেত্রে উৎসের বিভব 0.5V না হওয়া পর্যন্ত তড়িৎ প্রবাহ শূন্য থাকে। কারণ ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ারের বিভব 0.5V, তাই উৎসের বিভব যখন 0.5V অপেক্ষা বড় হয় বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বাড়াতে থাকে।
লেখের X-অক্ষের ঋণাত্মক অংশটি হল বিমুখীঝোঁকে যুক্ত ডায়োডের I-V লেখ। এক্ষেত্রে ডায়োডের প্রবাহ খুবই কম (μA লেভেলে) থাকে। কিন্তু বিভব বাড়াতে বাড়াতে যখন একটি নির্দিষ্ট বিভবকে অতিক্রম করে তখন প্রবাহ হঠাৎ করে অনেক বৃদ্ধি পায়। এ বিভবকে ব্রেকডাউন ভোল্টেজ বা জেনার ভোল্টেজ বলে। যেটি চিত্রে A বিন্দু দ্বারা নির্দেশিত হয়েছে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ চিত্রে একটি ট্রানজিস্টর দেওয়া আছে—



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী]

ক. চার্জের তল ঘনত্ব কাকে বলে? ১
খ. পূর্ণচক্রে দিক পরিবর্তী প্রবাহের গড় মান শূন্য হয় কেন? ২
গ. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ইনপুট ভোল্টেজের পরিবর্তন করে ট্রানজিস্টরকে একটি সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায় কি? বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

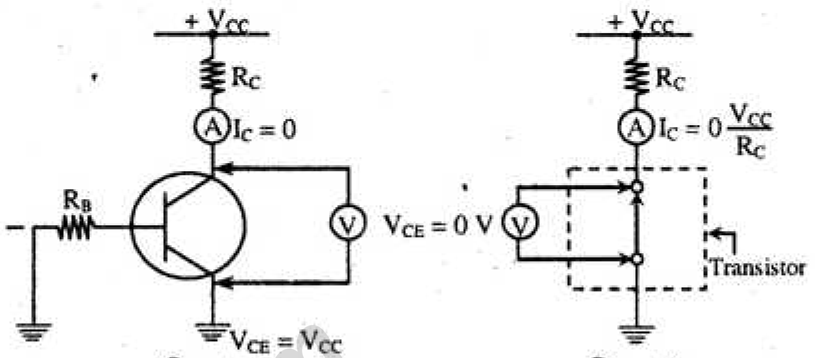
খ দিক পরিবর্তি প্রবাহ একটি অর্ধচক্রের জন্য ধনাত্মক এবং অপর চক্রের জন্য ঋণাত্মক কিন্তু সমমানের হয় বলে, পূর্ণচক্রে দিক পরিবর্তী প্রবাহের গড় মান শূন্য হয়।

গ দেওয়া আছে,
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 200\mu A = 200 \times 10^{-6}A$
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 10mA = 10 \times 10^{-3}A$
বের করতে হবে, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

আমরা জানি, $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_C}{I_C + I_B} = \frac{10 \times 10^{-3}A}{10 \times 10^{-3}A + 200 \times 10^{-6}A}$
$= 0.9804$

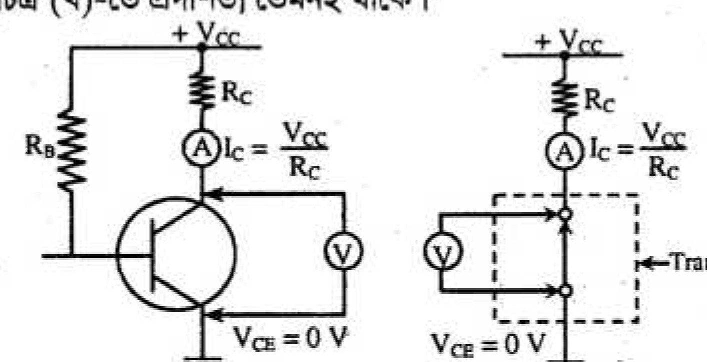
সুতরাং, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক 0.9804

ঘ নিম্নে চিত্রসহ এর বর্ণনা দেওয়া হলো—



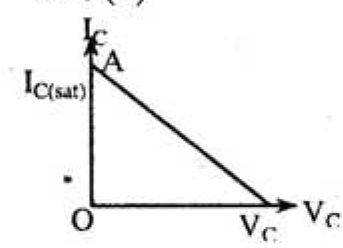
চিত্র (ক) চিত্র (খ)

১. যখন ভূমি অর্ন্তগামী ভোল্টেজ (Input base voltage) যথেষ্ট ঋণাত্মক তখন ট্রানজিস্টর বিচ্ছিন্ন (cut-off) থাকে এবং সংগ্রাহক ভার (collector load) R_C এর মধ্যে কোনো তড়িৎপ্রবাহ থাকে না [চিত্র (ক)]। ফলে R_C এর আড়াআড়িভাবে কোনো বিভব পতন থাকে না এবং বহির্গামী ভোল্টেজ ধারণাগতভাবে (ideally) V_{CC} হয়, অর্থাৎ $I_C = 0$ এবং $V_{CE} = V_{CC}$
(যদিও সংগ্রাহক প্রবাহ I_C পুরোপুরি শূন্য হবে না কারণ সামান্য চুয়ানো তড়িৎ (Leakage current) সর্বদা প্রবাহিত হয়।) এই অবস্থা একটি খোলা (Open) সুইচ প্রবাহ বন্ধ করা অবস্থায় (OFF Stage-এ) যেমন থাকে [চিত্র (খ)-তে প্রদর্শিত] তেমনই থাকে।
২. যখন অন্তর্গামী ভূমি ভোল্টেজ যথেষ্ট ধনাত্মক তখন ট্রানজিস্টর সম্পৃক্ততা লাভ করে, ফলে R_C এর মধ্য দিয়ে I_C এর দরুন আড়াআড়ি সমগ্র বিভব V_{CC} এর পতন হবে এবং বহির্গামী ভোল্টেজ ধারণাগতভাবে শূন্য হয় অর্থাৎ, $I_C = I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C}$ এবং $V_{CE} = 0$
এই অবস্থা একটি বন্ধ সুইচ প্রবাহ চালু অবস্থায় (ON) যেমন থাকে [চিত্র (খ)-তে প্রদর্শিত] তেমনই থাকে।



চিত্র : (ক) চিত্র: (খ)

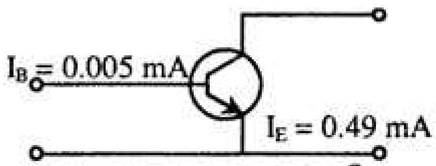
উপরোক্ত আলোচনা থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, উপযুক্ত শর্তের প্রেক্ষিতে ট্রানজিস্টর সুইচের কাজ করতে পারে। অর্থাৎ অন্তর্গামী ভূমি ভোল্টেজ যথেষ্ট ঋণাত্মক এবং ধনাত্মক হলে ট্রানজিস্টরকে বিচ্ছিন্নতা (cut off) এবং সম্পৃক্ততা (sturation) এর মধ্যে চালিত হবে। এই শর্ত ট্রানজিস্টর বর্তনীর ক্ষেত্রে সহজেই প্রযোজ্য।



চিত্র: (গ)

ফলে ট্রানজিস্টর সুইচ হিসেবে কাজ করতে পারে। চিত্রে ডিসি লোড লাইনের ক্ষেত্রে ট্রানজিস্টরের সুইচিং ক্রিয়া দেখানো হলো। চিত্রে লোড লাইনে A বিন্দু ও B বিন্দু যথাক্রমে ON এবং OFF অবস্থা (Condition) নির্দেশ করছে।

প্রশ্ন ▶৩৩



[অগ্রণী স্কুল এন্ড কলেজ, রাজশাহী]

ক. p-type অর্ধপরিবাহী কী? ১

খ. ডোপায়ন তড়িৎ প্রবাহে কী ভূমিকা রাখে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রদর্শিত ট্রানজিস্টরের সাহায্যে বিবর্ধক বর্তনী তৈরি সম্ভব কিনা? চিত্রসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

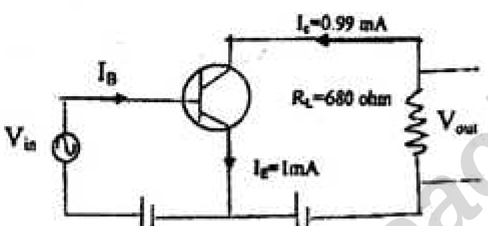
ক অর্ধপরিবাহী পদার্থে ত্রি-যোজী মৌল ভেজাল বা অপদ্রব্য হিসেবে মেশালে তাদের মধ্যে ধনাত্মক আধান বাহক হোল গরিষ্ঠ আধান বাহক হিসেবে কাজ করে। এ ধরনের অর্ধপরিবাহীকে p টাইপ অর্ধপরিবাহী বলে।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ডোপিং করা হয় তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় চার্জবাহক (মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল) থাকে না বললেই চলে। এতে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশালে যথাক্রমে বহুসংখ্যক হোল বা মুক্ত ইলেকট্রন সৃষ্টি হয়। তখন পদার্থের দুপ্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে খুব সহজেই তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।

গ ৩ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৩৪



[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

ক. জেনার ডায়োড কী? ১

খ. অর্ধপরিবাহী নিম্ন তাপমাত্রায় অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $V_{in} = 1V$ হলে, output voltage কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের output voltage কে কিভাবে একমুখী করা যায়? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এটি জেনার ভোল্টেজে ক্রিয়াশীল বিশেষ ধরনের ডায়োড যা স্থির মানের ডি.সি ভোল্টেজ পাওয়ার জন্য পাওয়ার সাপ্লাইতে ব্যবহার করা হয়।

খ নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধ-পরিবাহীর কেলাসে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। সমস্ত ইলেকট্রনই সমযোজী বন্ধনে অংশ নেয়। তাই নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধ-পরিবাহী অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে।

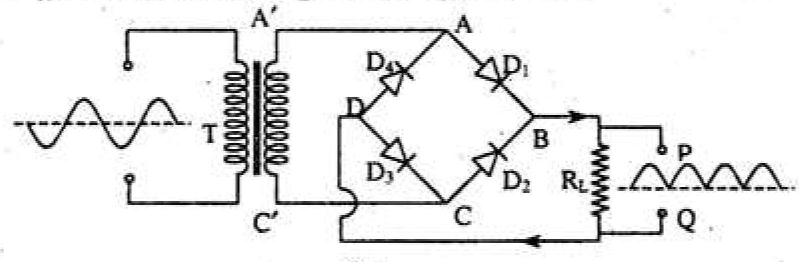
গ আউটপুট ভোল্টেজ V_{out} হলে,

$V_{out} = I_C R_L$
$= 0.99 \times 10^{-3} \times 680$
$= 0.6732$ V **(Ans.)**

এখানে,
রোধ, $R_L = 680\ \Omega$
তড়িৎ প্রবাহ, $I_C = 0.99$ mA $= 0.99 \times 10^{-3}$ A

উদ্দীপকের output voltage কে রেকটিফায়ার ব্যবহারে একমুখী করা যায়।

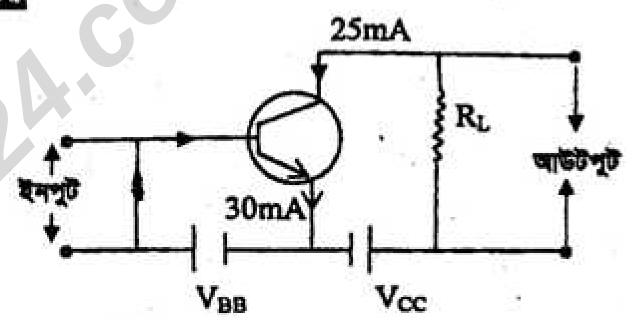
ঘ চিত্রে ব্রীজ রেকটিফায়ার বর্তনী দেখানো হয়েছে। চারটি ডায়োড D_1, D_2, D_3 ও D_4 চিত্রানুরূপ ABCD চতুর্ভূজ আকারে যুক্ত করা হয়। A ও C বিন্দুকে একটি ট্রান্সফরমারের গৌণ কুন্ডলীর দুই প্রান্তের সাথে এবং B ও D বিন্দুকে একটি ভার রোধ R_L-এর সাথে যুক্ত করা হয়।



চিত্র-

এখন ট্রান্সফরমারের মুখ্য কুন্ডলীকে দিক পরিবর্তী প্রবাহকে উৎসের সাথে যুক্ত করা হলে তা গৌণ কুন্ডলীতে আবিষ্ট হয়। দিক পরিবর্তী প্রবাহের ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ধনাত্মক এবং C প্রান্ত ঋণাত্মক হয়, এতে D_1 ও D_3 সম্মুখী বায়াসে থাকে। এ সময় $ABR_LDCC'A'A$ পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। আবার দিক পরিবর্তী প্রবাহের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ঋণাত্মক এবং C প্রান্ত ধনাত্মক হয়, এতে D_2 ও D_4 সম্মুখী বায়াসে থাকে। এ সময় $CBR_LDAA'C'C$ পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। সুতরাং, দেখা যাচ্ছে যে, ইনপুটে প্রযুক্ত দিক পরিবর্তী প্রবাহের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় চক্রের জন্যই ভার রোধ R_L-এর মধ্য দিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, অর্থাৎ R_L-এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ সর্বদা একমুখী।

প্রশ্ন ▶৩৫



[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, গাজীপুর]

ক. সুপারনোভা কাকে বলে? ১

খ. X-OR গেটের লজিক চিত্র ও প্রতীক অংকন করো। ২

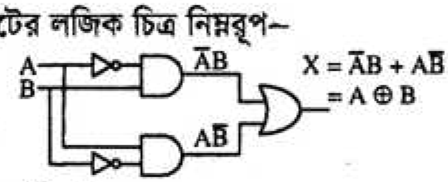
গ. উদ্দীপকে বর্তনী অনুযায়ী প্রবাহলাভ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রটি বিবর্ধক হিসেবে মাইক্রোফোনে কীভাবে কাজ করে– ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সূর্যের ভরের তুলনায় অনেক ভারী নক্ষত্রগুলো জ্বালানি শেষ হলে সঙ্কোচন অত্যন্ত তীব্র হয় এবং মূল অংশের ঘনত্ব এত বেড়ে যায় যে প্রচন্ড বিস্ফোরণের মধ্য দিয়ে মৃত্যুবরণ করে। এই প্রচন্ড বিস্ফোরণকে সুপারনোভা (supernova) বিস্ফোরণ বলা হয়।

খ X-OR গেটের লজিক চিত্র নিম্নরূপ–



X-OR গেটের প্রতীক নিম্নরূপ–

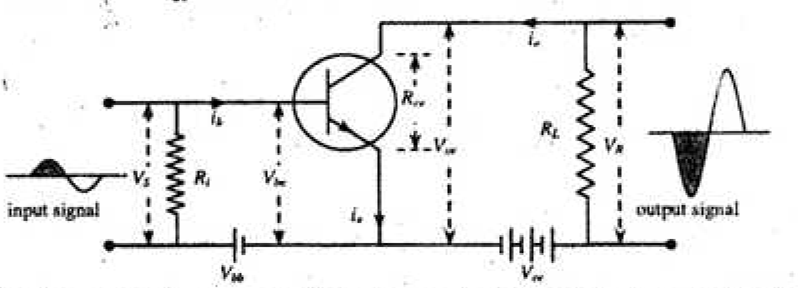


গ বর্তনীতে প্রবাহ লাভ, β হলে,

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$
$= \frac{25}{5}$
$= 5$ **(Ans.)**

এখানে,
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 25$ mA
পীঠ প্রবাহ, $I_B = I_E - I_C$
$= 30 - 25$
$= 5$ mA

ঘ চিত্রে একটি n-p-n ট্রানজিস্টর সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধক বর্তনী দেখানো হয়েছে। এতে নিঃসারক ও পীঠ ইনপুট এবং নিঃসারক ও সংগ্রাহক আউটপুট হিসেবে কাজ করবে।



নিঃসারক ডায়োডকে সম্মুখী বায়াস করার জন্য নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বায়াস বিভব V_{bb} এবং সংগ্রাহক ডায়োডকে বিমুখী বায়াস করার জন্য সংগ্রাহক ও নিঃসারকের মধ্যে বায়াস বিভব V_{cc} প্রয়োগ করা হয়। ইনপুট বায়াস বিভব V_{bb} ইনপুট সংকেতের বিস্তার বিভব থেকে বড় হতে হবে যেন ইনপুট সংকেত বায়াস বিভবের বিপরীতে ক্রিয়া করলেও তা সম্মুখী বায়াসবিশিষ্ট হয়। ইনপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত R_i রোধে ইনপুট সংকেত প্রয়োগ করা হয় এবং আউটপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত উচ্চ ভার রোধ R_L থেকে আউটপুট সংকেত গ্রহণ করা হয়।

ইনপুট সংকেত বিভব V_S এর পরিবর্তনে নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বিভব V_{be} পরিবর্তীত হয়, ফলে i_b-ও পরিবর্তিত হয়। V_{be} বৃদ্ধি পেলে নিঃসারক-সংগ্রাহক রোধ R_{ce} হ্রাস পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c বৃদ্ধি পায়। এতে নিঃসারক-সংগ্রাহক বিভব V_{ce} হ্রাস পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R বৃদ্ধি পায়। একইভাবে V_{be} হ্রাস পেলে নিঃসারক-সংগ্রাহক রোধ R_{ce} বৃদ্ধি পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c হ্রাস পায়। এতে নিঃসারক-সংগ্রাহক বিভব V_{ce} বৃদ্ধি পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R হ্রাস পায়। R_L এর রোধ খুব বেশি হওয়ায় ic এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। সুতরাং, বলা যায়, V_S এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। তাই ইনপুটে একটি কম বিস্তারের সংকেত প্রয়োগ করা হলে আউটপুটে একটি বেশি বিস্তারের সংকেত পাওয়া যায় অর্থাৎ সংকেতটি বিবর্ধিত হয়।

প্রশ্ন ▶৩৬ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা ছাড়াও বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ভেজাল মিশিয়ে পরিবাহিতা বৃদ্ধি করা যায়। যেমন: বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী জার্মেনিয়ামের সহিত যথাক্রমে ত্রিযোজী অ্যালুমিনিয়াম ও পঞ্চযোজী আর্সেনিক মেশালে উভয় ক্ষেত্রেই এর পরিবাহিতা উল্লেখযোগ্য পরিমাণ বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ এটি প্রায় পরিবাহীর মত আচরণ করে।

[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. নম্বর পদ্ধতি কী? ১

খ. NOR গেইট ও NAND গেইটকে সর্বজনীন গেইট বলা হয় কেন? ২

গ. বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী জার্মেনিয়ামের সহিত পঞ্চযোজী আর্সেনিক মেশালে কীভাবে এর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় সচিত্র ব্যাখ্যা করো। ৩

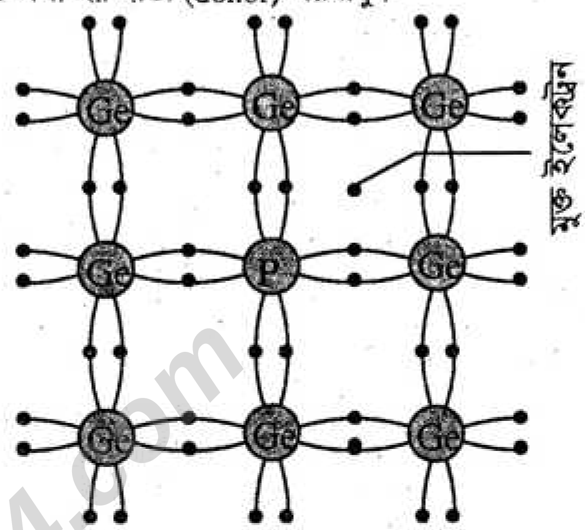
ঘ. "বিশুদ্ধ জার্মেনিয়ামের দুই পাশে অ্যালুমিনিয়াম ও মাঝখানে আর্সেনিক মেশালে একটি গুরুত্বপূর্ণ ডিভাইস তৈরি হয়, যার অন্যতম প্রধান কাজ হচ্ছে দুর্বল সিগন্যালকে বিবর্ধিত করা"— উক্তিটির যথার্থতা বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কয়েকটি মৌলিক অঙ্ক ব্যবহার করে ছোট বড় সকল প্রকার সংখ্যাকে উপস্থাপন এবং এদের সকল প্রকার গাণিতিক ও যৌক্তিক কার্যক্রম সম্পাদন করার পদ্ধতিতে সংখ্যা পদ্ধতি বলে।

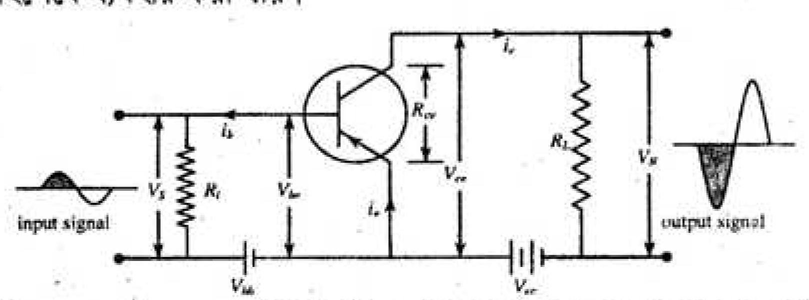
খ একাধিক NAND ও NOR গেট ব্যবহার করে অন্য যেকোনো গেট তৈরি করা সম্ভব। শুধু NAND ও NOR গেট ব্যবহার করে দুই বা ততোধিক ইনপুট এর AND, OR, NOT মৌলিক অপারেশনগুলো করা সম্ভব। তাই NOR ও NAND কে সার্বজনীন গেট বলা হয়।

গ জার্মেনিয়াম কেলাসের মধ্যে, কোন পঞ্চযোজী মৌলের পরমাণু, যেমন : আর্সেনিক অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দেয়া হয়, তবে তার চারপার্শ্বস্থ চারটি জার্মেনিয়াম পরমাণুর সাথে বন্ধন সৃষ্টি করেও একটি ইলেকট্রন অতিরিক্ত থেকে যাবে, যা মুক্ত ইলেকট্রন হিসেবে পরিবহন ব্যান্ডে অবস্থান করবে। যদিও কেলাসটি সামগ্রিকভাবে তড়িৎ নিরপেক্ষ তবুও আর্সেনিক পরমাণুর মধ্যে একটি ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা দেখা যাবে অর্থাৎ ভেজাল পরমাণুটিকে মনে হবে ঋণাত্মকধর্মী। তাই এ জাতীয় অর্ধ-পরিবাহীকে বলা হয় ঋণাত্মক জাতীয় (negative type) অর্ধ-পরিবাহী বা সংক্ষেপে n-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী। সুতরাং, সিলিকন বা জার্মেনিয়াম অর্ধ-পরিবাহীতে অতি সামান্য পরিমাণ বহিঃস্থ কক্ষপথে পাঁচটি ইলেকট্রন আছে এমন পরমাণু ভেজাল দেয়া হলে তাকে n-টাইপ অর্ধ পরিবাহী বলে। মুক্ত ইলেকট্রনটি ত্যাগ করে বলে এ জাতীয় ভেজাল পরমাণুকে বলা হয় দাতা (donor) পরমাণু।



মূলত মুক্ত ইলেকট্রন n-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহে অংশ গ্রহণ করে থাকে। তাই n-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীতে গরিষ্ঠ চার্জ বাহক হচ্ছে মুক্ত ইলেকট্রন। এক্ষেত্রে লঘিষ্ঠ চার্জ বাহক হচ্ছে তাপমাত্রার কারণে সৃষ্ট হোল।

ঘ বিশুদ্ধ জার্মেনিয়ামে দুই পাশে অ্যালুমিনিয়াম ও মাঝে আর্সেনিক মেশালে একটি p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি হবে। ট্রানজিস্টরকে বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

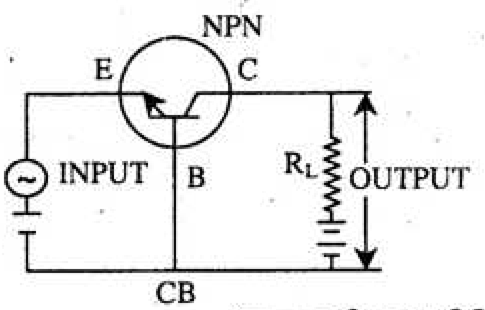


চিত্রে একটি p-n-p ট্রানজিস্টর সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধক বর্তনী দেখানো হয়েছে। এতে নিঃসারক ও পীঠ ইনপুট এবং নিঃসারক ও সংগ্রাহক আউটপুট হিসেবে কাজ করবে। নিঃসারক ডায়োডকে সম্মুখী বায়াস করার জন্য নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বায়াস বিভব V_{bb} এবং সংগ্রাহক ডায়োডকে বিমুখী বায়াস করার জন্য সংগ্রাহক ও নিঃসারকের মধ্যে বায়াস বিভব V_{cc} প্রয়োগ করা হয়। ইনপুট বায়াস বিভব V_{bb} ইনপুট সংকেতের বিস্তার বিভব থেকে বড় হতে হবে যেন ইনপুট সংকেত বায়াস বিভবের বিপরীতে ক্রিয়া করলেও তা সম্মুখী বায়াসবিশিষ্ট হয়। ইনপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত R_i রোধে ইনপুট সংকেত প্রয়োগ করা হয় এবং আউটপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত উচ্চ ভার রোধ R_L থেকে আউটপুট সংকেত গ্রহণ করা হয়।

ইনপুট সংকেত বিভব V_S এর পরিবর্তনে নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বিভব V_{be} পরিবর্তীত হয়, ফলে i_b-ও পরিবর্তিত হয়। V_{be} বৃদ্ধি পেলে নিঃসারক-সংগ্রাহক রোধ R_{ce} হ্রাস পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c বৃদ্ধি পায়। এতে নিঃসারক-সংগ্রাহক বিভব V_{ce} হ্রাস পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R বৃদ্ধি পায়। একইভাবে V_{be} হ্রাস পেলে নিঃসারক-সংগ্রাহক রোধ R_{ce} বৃদ্ধি পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c হ্রাস পায়। এতে নিঃসারক-সংগ্রাহক বিভব V_{ce} বৃদ্ধি পায় এবং

ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R হ্রাস পায়। R_L এর রোধ খুব বেশি হওয়ায় i_c এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। সুতরাং, বলা যায়, V_S এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। তাই ইনপুটে একটি কম বিস্তারের সংকেত প্রয়োগ করা হলে আউটপুটে একটি বেশি বিস্তারের সংকেত পাওয়া যায় অর্থাৎ সংকেতটি বিবর্ধিত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৩৭



[আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. p-n জাংশনের সম্মুখী ঝোঁক ব্যাখ্যা করো। ২

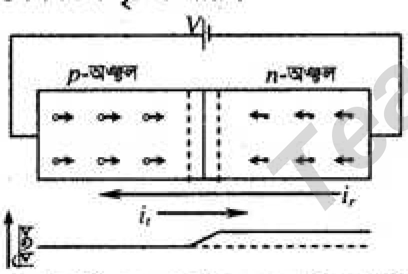
গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধক গুণক কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটিকে সাধারণ নিঃসারক বর্তনীতে সংযুক্ত করে ইনপুট সিগনালের উভয় অর্ধচক্রের জন্য বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যাবে কি না? ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ তড়িৎ উৎসের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জংশনের p ও n-অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে তাকে সম্মুখী বায়াস বলে। এতে n-অঞ্চলে উৎসের ঋণাত্মক প্রান্ত থেকে ইলেকট্রন এসে নিঃশোষিত অঞ্চলের ধনাত্মক আয়নের সাথে যুক্ত হয়, ফলে এর বিভব হ্রাস পায়। আবার উৎসের ধনাত্মক প্রান্ত p-অঞ্চল থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করায় নিঃশোষিত অঞ্চলে হোলের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় বা ঋণাত্মক আয়নের সংখ্যা হ্রাস পায় ফলে বিভব বৃদ্ধি পায়।



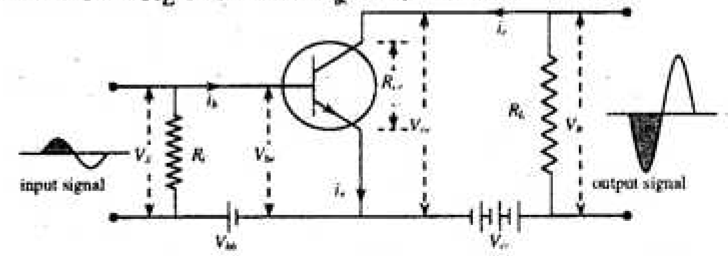
এতে জংশনের দু'পাশের বিভব পার্থক্য এবং নিঃশোষিত অঞ্চলের পুরুত্ব হ্রাস পায়। সম্মুখী বায়াসে জংশনের দুই পাশের বিভব পার্থক্য, বায়াস বিভবের সমপরিমাণ হ্রাস পায়, অর্থাৎ বায়াসহীন অবস্থায় জংশনের দুই পাশের বিভব পার্থক্য বা বিভব বাধা V_b এবং প্রযুক্ত বিভব V হলে সম্মুখী বায়াস অবস্থায় জংশনের দুই পাশে বিভব পার্থক্য হয় $(V_b - V)$। ফলে অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন n-অঞ্চল থেকে p-অঞ্চলের দিকে ধাবিত হয়। এতে পুনঃসংযোগ ইলেকট্রন প্রবাহ উল্লেখযোগ্য পরিমাণ বৃদ্ধি পায় কিন্তু তাপীয় ইলেকট্রন প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হয় না, ফলে নিট ইলেকট্রন প্রবাহ দাঁড়ায় $i_r - i_t$। এতে জংশনের মধ্য দিয়ে যথেষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ চলে। সম্মুখী বায়াসে জংশনের মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে তাকে সম্মুখী প্রবাহ বলে।

গ ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, α হলে,

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_E - I_B}{I_E} = \frac{0.6 - 0.04}{0.6} = 0.933 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0.6$ mA
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.04$ mA

ঘ চিত্রে একটি n-p-n ট্রানজিস্টর সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধক বর্তনী দেখানো হয়েছে। এতে নিঃসারক ও পীঠ ইনপুট এবং নিঃসারক ও সংগ্রাহক আউটপুট হিসেবে কাজ করবে। নিঃসারক ডায়োডকে সম্মুখী বায়াস করার জন্য নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বায়াস বিভব V_{bb} এবং সংগ্রাহক ডায়োডকে বিমুখী বায়াস করার জন্য সংগ্রাহক ও নিঃসারকের মধ্যে বায়াস বিভব V_{cc} প্রয়োগ করা হয়। ইনপুট বায়াস বিভব V_{bb} ইনপুট সংকেতের বিস্তার বিভব থেকে বড় হতে হবে যেন ইনপুট সংকেত বায়াস বিভবের বিপরীতে ক্রিয়া করলেও তা সম্মুখী বায়াসবিশিষ্ট হয়। ইনপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত R_i রোধে ইনপুট সংকেত প্রয়োগ করা হয় এবং আউটপুট বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত উচ্চ ভার রোধ R_L থেকে আউটপুট সংকেত গ্রহণ করা হয়।



ইনপুট সংকেত বিভব V_S এর পরিবর্তনে নিঃসারক ও পীঠের মধ্যে বিভব V_{be} পরিবর্তীত হয়, ফলে i_b-ও পরিবর্তিত হয়। V_{be} বৃদ্ধি পেলে নিঃসারক-সংগ্রাহক রোধ R_{ce} হ্রাস পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c বৃদ্ধি পায়। এতে নিঃসারক-সংগ্রাহক বিভব V_{ce} হ্রাস পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R বৃদ্ধি পায়। একইভাবে V_{be} হ্রাস পেলে নিঃসারক-সংগ্রাহক রোধ R_{ce} বৃদ্ধি পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ i_c হ্রাস পায়। এতে নিঃসারক-সংগ্রাহক বিভব V_{ce} বৃদ্ধি পায় এবং ভার রোধ R_L এর দুই প্রান্তের বিভব বা আউটপুট বিভব V_R হ্রাস পায়। R_L এর রোধ খুব বেশি হওয়ায় i_c এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। সুতরাং, বলা যায়, V_S এর সামান্য পরিবর্তনে V_R এর পরিবর্তন খুব বেশি হয়। তাই ইনপুটে একটি কম বিস্তারের সংকেত প্রয়োগ করা হলে আউটপুটে একটি বেশি বিস্তারের সংকেত পাওয়া যায় অর্থাৎ সংকেতটি বিবর্ধিত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ শিক্ষক শ্রেণীকক্ষে একটি কমন-এমিটার (CE) বিন্যাসে লাগানো ট্রানজিস্টরের ছবি আঁকলেন এবং বললেন-এতে বেস প্রবাহ, $I_B = 50\ \mu A$ এবং প্রবাহ লাভ, $\beta = 100$ পাওয়া যাবে।

[নিওয়াব ফয়জুন্নেসা সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. একটি ট্রানজিস্টরে কমন-বেস (CB) ও কমন-এমিটার (CE) লাগানো হলে কোন ক্ষেত্রে এটি ভাল অ্যাম্প্লিফায়ার হবে? ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক α নির্ণয় করো। ৩

ঘ. শিক্ষক যে চিত্র এঁকেছিলেন তার একটি ধারণামূলক চিত্র অংকন কর এবং আনুষঙ্গিক প্রবাহমাত্রা সমূহের মান ও দিক চিহ্নিত করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ কমন বেস বর্তনীর ক্ষেত্রে ইনপুট প্রবাহ নিঃসারক প্রবাহ, i_E ও আউটপুট প্রবাহ হলো সংগ্রাহক প্রবাহ, i_C। তাই কমন বেস বর্তনীতে প্রবাহ বিবর্ধন হলো, $\alpha = \frac{i_C}{i_E}$ আবার কমন এমিটার বর্তনীতে ইনপুট বেস প্রবাহ, i_B ও আউটপুট প্রবাহ, সংগ্রাহক প্রবাহ, i_C তাই কমন এমিটার বর্তনীতে প্রবাহ বিবর্ধন, $\beta = \frac{i_C}{i_B}$; β এর মান α অপেক্ষা বেশ বড় হয়।
তাই বিবর্ধক হিসেবে কমন– এমিটার বর্তনী উপযুক্ত।

গ প্রবাহ লাভ, β হলে,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

বা, $I_C = \beta I_B$
$= 100 \times 50$
$= 5000\ \mu A$
$\therefore I_C = 5mA$

এখানে,
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = ?$
প্রবাহ লাভ, $\beta = 100$
বেস প্রবাহ, $I_B = 50\ \mu A$

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, α হলে,

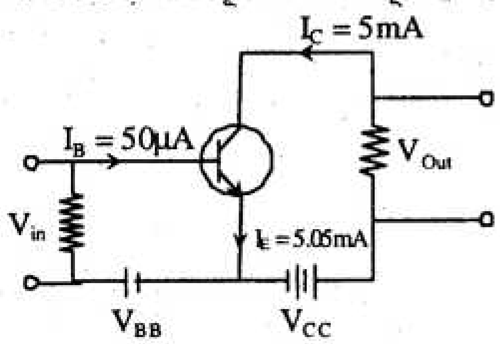
$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$= \frac{5\ mA}{5.05\ mA}$

$= 0.9901$ (Ans.)

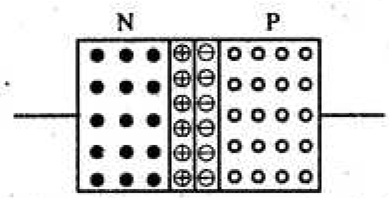
এখানে,
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 5mA$
নিঃসারক প্রবাহ $I_E = I_B + I_C$
$= 50\mu A + 5mA$
$= 50 \times 10^{-3}\ mA + 5mA$
$= 5.05\ mA$

ঘ শিক্ষকের আঁকা চিত্রের ধারণমূলক চিত্র নিম্নরূপ—



চিত্রে, $I_B = 50\ \mu A$
'গ' থেকে পাই, $I_C = 5mA$
$\therefore I_E = 5.05\ mA$

প্রশ্ন ▶৩৯



উদ্দীপকের P.N জাংশনের ডিপ্লেশন স্তরের প্রশস্থতা হচ্ছে $2 \times 10^{-7}m$ এবং সংযোগস্থলে বিভব প্রাচীরের মান হচ্ছে 0.20 volt.

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. শক্তি ব্যান্ড কী? ১

খ. জার্মেনিয়াম কেলাসে অ্যালুমিনিয়াম অপদ্রব্য হিসেবে মেশানোর ফলে প্রতিটি অ্যালুমিনিয়াম পরমাণু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে এতে কেলাসটি চার্জগ্রস্থ হয় কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সংযোগস্থলে কী পরিমাণ তড়িৎ ক্ষেত্রের মান পাওয়া যাবে? ৩

ঘ. P অঞ্চলে একটি ইলেকট্রন $13.4 \times 10^5\ mm^{-1}$ বেগে প্রবেশ করতে হলে N অঞ্চল হতে ইলেকট্রনটির কত মানের বেগ নিয়ে p অঞ্চলে প্রবেশ করতে হবে তা উদ্দীপকের আলোকে যাচাই করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই পদার্থের কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির মান পরিপার্শ্বের পরমাণুগুলোর প্রভাবে কিছুটা পরিবর্তন হয়। ফলে ইলেকট্রনগুলোর শক্তি একটি নির্দিষ্ট মানে না থেকে একটি নির্দিষ্ট পাল্লা বা ব্যান্ড তৈরি করে। একে শক্তি ব্যান্ড বলে।

খ জার্মেনিয়ামের কেলাসে অ্যালুমিনিয়াম অপদ্রব্য হিসেবে মেশানোর ফলে প্রতিটি অ্যালুমিনিয়াম পরমাণু এর চারদিকে তিনটি জার্মেনিয়ামের পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয় কিন্তু জার্মেনিয়ামের চতুর্থ পরমাণুর ইলেকট্রনটি তখনও বন্ধনহীন অবস্থায় থাকে। এ স্থানে একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি অনুভূত হয়, যার ফলশ্রুতিতে যেখানে একটি হোল সৃষ্টি হয়েছে বলে ধরে নেয়া হয়। এ ঘাটতি পূরণের জন্য অন্য পরমাণু থেকে ইলেকট্রন এসে এ হোল পূর্ণ করে। যে পরমাণু হতে ইলেকট্রন আসে সেখানে আবার একটি হোল উৎপন্ন হয়। এভাবে চলতে থাকে। ফলে কেলাসে মোট ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যা স্থির থাকে। একারণে কেলাসটি চার্জ গ্রস্থ হয় না।

গ সংযোগ স্থলে তড়িৎক্ষেত্রের মান E হলে,

$E = \frac{V}{d}$

$= \frac{0.2}{2 \times 10^{-7}}$

$= 1 \times 10^6\ NC^{-1}$ (Ans.)

এখানে,
বিভব প্রাচীরের মান, $V = 0.2\ V$
বিভব প্রাচীরের প্রশস্ততা, $d = 2 \times 10^{-7}\ m$

ঘ একটি ইলেকট্রনকে বিভব প্রাচীর অতিক্রম করে N অঞ্চল হতে P অঞ্চলে যেতে কৃতকাজ, W হলে,

$W = qV$
$= 1.602 \times 10^{-19} \times 0.2$
$= 3.204 \times 10^{-20}\ J$

ইলেকট্রনের চার্জ, $q = 1.602 \times 10^{-19}\ C$
বিভব প্রাচীরের মান, $V = 0.2V$

ইলেকট্রনটি v_1 বেগে N অঞ্চল হতে প্রবেশ করলে এবং $v_2 = 13.4 \times 10^5\ mm^{-1}$ বা $22.33 \times 10^3\ ms^{-1}$ বেগে P অঞ্চলে প্রবেশ করলে, কাজ বোঝা গেল না।

শক্তি উপপাদ্য হতে পাই,

$W = \frac{1}{2} m_e v_1^2 - \frac{1}{2} m_e v_2^2$

বা, $v_1^2 = \frac{2W + m_e v_2^2}{m_e}$

বা, $v_1 = \sqrt{\frac{2W + m_e v_2^2}{m_e}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 3.204 \times 10^{-20} + 9.11 \times 10^{-31} \times (22.33 \times 10^3)^2}{9.11 \times 10^{-31}}}$

$= 266.16 \times 10^3\ ms^{-1}$
$= 26 \times 10^6\ mm^{-1}$

অর্থাৎ, ইলেকট্রনটি $26 \times 10^6\ mm^{-1}$ বেগে নিয়ে N অঞ্চল হতে প্রবেশ করলে P অঞ্চলে $13.4 \times 10^5\ mm^{-1}$ বেগে প্রবেশ করবে।

প্রশ্ন ▶৪০ কোনো ট্রানজিস্টরের সাধারণ এমিটার সার্কিট ইনপুট ভোল্টেজ 1.2V থেকে বাড়িতে 1.7V করায় পীঠ প্রবাহ 8mA থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 28mA হয়। ফলে ট্রান্সজিস্টরটির এমিটার কারেন্ট ও কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন হয়। এতে আউটপুট লোড রেজিষ্ট্যান্স 150Ω হলে কারেন্ট গেইন 80 পাওয়া যায়। *[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. সার্বজনীন গেইট কী? ১

খ. ডোপিং করা হয় কেন? ২

গ. ট্রানজিস্টরের পরিবর্তিত এমিটার কারেন্ট কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার উপযোগী কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গেট দিয়ে মৌলিক গেটগুলো বাস্তবায়ন করা যায় তাকে সার্বজনীন গেট বলে।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ডোপিং করা হয় তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় চার্জবাহক (মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল) থাকে না বললেই চলে। এতে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশালে যথাক্রমে বহুসংখ্যক হোল বা মুক্ত ইলেকট্রন সৃষ্টি হয়। তখন পদার্থের দুপ্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে খুব সহজেই তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।

গ ট্রানজিস্টরের পরিবর্তিত এমিটার কারেন্ট I_E ও কালেক্টর কারেন্ট I_C হলে,

কারেন্ট গেইন, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

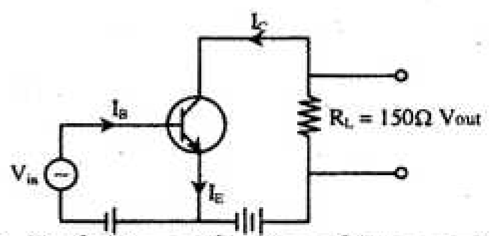
বা, $\beta = \frac{I_E - I_B}{I_B}$

বা, $\beta I_B = I_E - I_B$

$\therefore I_E = \beta I_B + I_B$
$= 80 \times 28 + 28$
$= 2268\ mA$
$= 2.268A$ (Ans.)

এখানে,
কারেন্ট গেইন, $\beta = 80$
পরিবর্তিত বেস কারেন্ট, $I_B = 28\ mA$

ঘ



'গ' থেকে পাই, ট্রানজিস্টরের পরিবর্তিত এমিটার কারেন্ট, $I_E = 2.268$ A

∴ পরিবর্তিত কালেক্টর কারেন্ট I_C হলে

$$I_C = I_E - I_B$$
$$= 2.268 - 28 \times 10^{-3}$$
$$= 2.240 \text{ A}$$

ইনপুট ভোল্টেজ পরিবর্তনের পূর্বে কালেক্টর কারেন্ট I_C' হলে,

$$I_C' = \beta I_B'$$
$$= 80 \times 8 \times 10^{-3}$$
$$= 0.64 \text{ A}$$

এখন,
পূর্বের বেস কারেন্ট, $I_B' = 8$ mA $= 8 \times 10^{-3}$ A

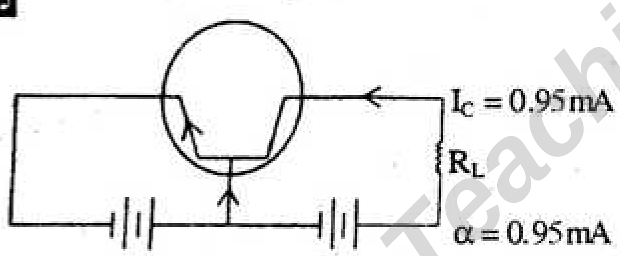
∴ এমিটার কারেন্টের পরিবর্তন, $\Delta I = I_C - I_C'$
$$= 2.24 - 0.64$$
$$= 1.6 \text{ A}$$

∴ লোড রেজিস্ট্যান্সে আউটপুট ভোল্টেজের পরিবর্তন, $\Delta V_{out} = \Delta I\, R$
$$= 1.6 \times 150$$
$$= 240 \text{ V}$$

∴ ভোল্টেজ বিবর্ধন $= \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}}$
$$= \frac{240}{1.7 - 1.2}$$
$$= \frac{240}{0.5}$$
$$= 480$$

অর্থাৎ, এ ট্রানজিস্টরটি ইনপুটের ভোল্টেজ সিগন্যালকে 480 গুণ বিবর্ধিত করে। তাই একে বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪১



[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা]

ক. IC কী? ১
খ. পদার্থের অতিপরিবাহিতা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের বর্তনীর জন্য β বের করো। ৩
ঘ. "বর্তনীর ইনপুটে একটি দুর্বল সংকেত প্রয়োগ করলে আউটপুটে একটি বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া যাবে"– উপরের বর্তনীর জন্য উক্তিটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ইনটিগ্রেটেড বা সমন্বিত সার্কিটের নাম IC। এটি হলো সেই বর্তনী যাতে বর্তনীর উপাংশ বা যন্ত্রাংশগুলো ক্ষুদ্র অর্ধপরিবাহক চিপে বিশেষভাবে গঠন করা হয় যা স্বয়ংক্রিয়ভাবে চিপের অংশ।

খ সাধারণত ধাতব পরিবাহীর তাপমাত্রা বাড়ালে রোধ বাড়ে এবং তাপমাত্রা কমালে রোধ কমে। কিছু কিছু ধাতব পরিবাহীর তাপমাত্রা কমিয়ে পরমশূন্য তাপমাত্রা বা 0 K এ নিয়ে গেলে পরিবাহীর রোধ শূন্য হয়। তখন এরা অল্প বিভব পার্থক্যে বিশাল মানের তড়িৎ প্রবাহে সক্ষম হয় বলে এদেরকে অতি পরিবাহী ও এ ধর্মকে অতিপরিবাহিতা বলে।

গ বেস প্রবাহ I_B; সংগ্রাহক প্রবাহ I_E হলে,

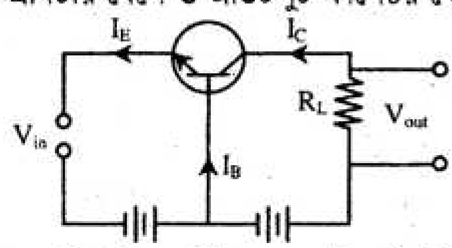
প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

এখানে,
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 0.95$ mA.

বা, $I_E = \frac{I_C}{\alpha}$
$$= \frac{0.95}{0.95} = 1 \text{ mA}$$

$$\therefore \beta = \frac{I_C}{I_B}$$
$$= \frac{I_C}{I_E - I_C}$$
$$= \frac{0.95}{1 - 0.95}$$
$$= 19 \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীটি একটি কমন বেস বিবর্ধকের বর্তনীর চিত্র। এক্ষেত্রে ইনপুট এমিটার বেসে ও আউটপুট কালেক্টর বেসে থাকে।



এক্ষেত্রে ইনপুটের পরিবর্তনে এমিটার কারেন্ট পরিবর্তিত ও আউটপুটে কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন পাওয়া যায়।

∴ কমন বেস প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$

কিন্তু, $\alpha < 1$

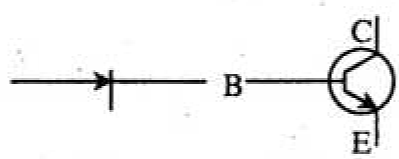
বা, $\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} < 1$

$\therefore \Delta I_C < \Delta I_E$

অর্থাৎ, উক্ত বর্তনীতে বিবর্ধন 1 এর ছোট বলে আউটপুটের কারেন্টের পরিবর্তন ইনপুটের কারেন্টের পরিবর্তনের চাইতে ছোট।

অতএব, উক্ত বর্তনীতে ইনপুটে দুর্বল সংকেত দিলে আউটপুটে বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া যাবে– উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৪২



১নং ২নং

[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

২ নং চিত্রে, $I_B = 100$ mA, $I_c = 5$A

ক. সুপার নোভা কী? ১
খ. p–টাইপ অর্ধপরিবাহী ও n–টাইপ অর্ধপরিবাহী এর মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চিত্র ২ নং এর জন্য α এর মান বের করো। ৩
ঘ. চিত্রের কোন Deviceটি Rectifier হিসেবে কীভাবে ব্যবহার করা যায়? বিশ্লেষণ করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সূর্যের ভরের তুলনায় অনেক ভারী নক্ষত্রগুলো জ্বালানি শেষ হলে সঙ্কোচন অত্যন্ত তীব্র হয় এবং মূল অংশের ঘনত্ব এত বেড়ে যায় যে প্রচণ্ড বিস্ফোরণের মধ্যদিয়ে মৃত্যুবরণ করে। এই প্রচণ্ড বিস্ফোরণকে সুপারনোভা (supernova) বিস্ফোরণ বলা হয়।

খ P-type এবং N-type অর্ধপরিবাহীর পার্থক্য নিম্নরূপ:

P-type অর্ধপরিবাহী	N-type অর্ধপরিবাহী
১. অর্ধপরিবাহী পদার্থে ত্রি-যোজী মৌল ভেজাল বা অপদ্রব্য হিসেবে মেশানো হয়।	১. অর্ধপরিবাহী পদার্থে পঞ্চযোজী মৌল ভেজাল বা অপদ্রব্য হিসেবে মেশানো হয়।
২. ধনাত্মক আধান বাহক হোল গরিষ্ঠ আধান বাহক হিসেবে কাজ করে।	২. ঋণাত্মক আধান বাহক ইলেকট্রন গরিষ্ঠ আধান বাহক হিসেবে কাজ করে।

গ $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

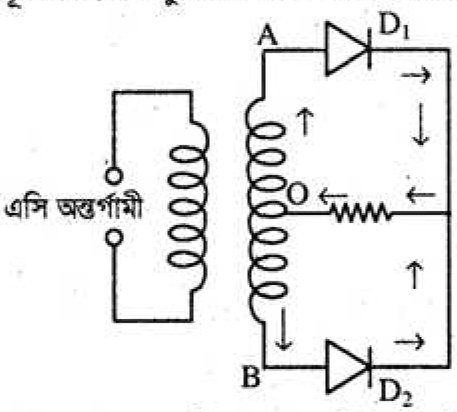
$= \frac{I_C}{I_C + I_B}$

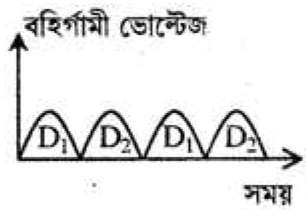
$= \frac{5}{5 + 0.1}$

$= 0.98$ **(Ans.)**

এখানে,
$I_B = 100$ mA
$= 0.1$A
$I_C = 5$A

ঘ উদ্দীপকে চিত্র ১ এর যন্ত্রটি হলো ডায়োড। একে রেকটিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায়। দুটি ডায়োড ব্যবহার করে তৈরি একটি পূর্ণতরঙ্গ একমুখীকারকের বর্তনী ও ক্রিয়াকৌশল নিম্নরূপ:



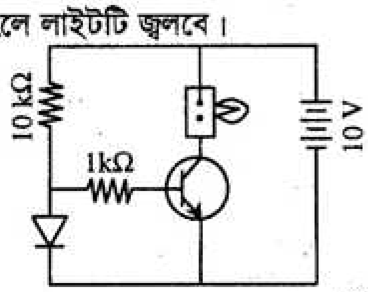


পূর্ণতরঙ্গ একমুখীকারকে এসি অন্তর্গামী উৎসের দুটি চক্রই কাজে লাগানো হয়। এজন্য বর্তনীতে কমপক্ষে দুটি ডায়োড ব্যবহার করা হয়। চিত্রে D_1 ও D_2 ডায়োড দুটিকে একটি ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলী AB এর সাথে সংযোগ দেওয়া হয়েছে। ডায়োড D_1 এসি অন্তর্গামী উৎসের গৌণকুণ্ডলীর OA অংশে আগত উপরের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে এবং ডায়োড D_2 গৌণকুণ্ডলীর OB অংশে আগত নিচের অর্ধচক্রকে রেকটিফাই করে।

এসি অন্তর্গামীর প্রথম ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ধনাত্মক এবং B প্রান্ত ঋণাত্মক হয়, ফলে ডায়োড D_1 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, কিন্তু D_2 ডায়োড বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না। এক্ষেত্রে OAD_1 PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। অন্তর্গামীর দ্বিতীয় অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ঋণাত্মক এবং B প্রান্ত ধনাত্মক হয় ফলে ডায়োড D_2 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

কিন্তু D_1 বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হওয়ায় এর মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। এক্ষেত্রে OBD_2 PO পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। উভয় ক্ষেত্রেই ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয় অর্থাৎ, ভার R_L এর মধ্যদিয়ে একমুখী তড়িৎ (D.C) প্রবাহিত হয়। চিত্রে অন্তর্গামী ও বহির্গামী প্রবাহ দেখানো হয়েছে। অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারের বেলায় যেখানে শুধুমাত্র অর্ধচক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় সেখানে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারের ক্ষেত্রে পূর্ণ চক্রের জন্য বহির্গামী প্রবাহ পাওয়া যায় বলে একে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ার বলে।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ সন্ধ্যা হওয়ার সাথে বারান্দার লাইটটি স্বয়ংক্রিয়ভাবে জ্বলে ওঠার জন্য মিলন 0.99 প্রবাহ বিবর্ধক গুণক বিশিষ্ট একটি ট্রানজিস্টর সহযোগে নিচের বর্তনী অনুসারে লাইটটিকে যুক্ত করল। কিন্তু সন্ধ্যার অন্ধকার নেমে আসলেও দেখা গেল লাইটটি জ্বলছে না। বর্তনী দেখে স্যার বললেন, বর্তনীতে ডায়োডের স্থলে একটি ফটো রেজিস্টর লাগালে অন্ধকার হলে লাইটটি জ্বলবে।



[রাঙামাটি সরকারি কলেজ]

ক. সমন্বিত বর্তনী বলতে কী বুঝ? ১

খ. অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ার এর চেয়ে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারে আউটপুট ভোল্টেজ বেশি পাওয়া যায় কেন? ২

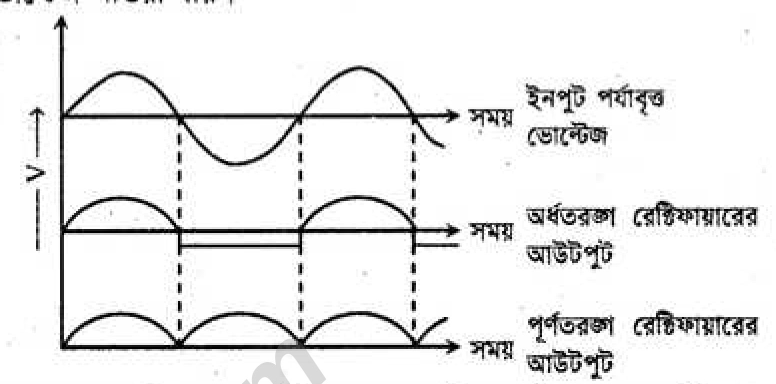
গ. ভূমি প্রবাহ 0.05 mA হলে ট্রানজিস্টরটির সংগ্রাহক প্রবাহ কত হবে? ৩

ঘ. ডায়োডের পরিবর্তে বর্তনীতে ফটো রেজিস্টর লাগালে কেন অন্ধকার জায়গায় লাইটটি জ্বলবে? ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমন্বিত বর্তনী হলো সেই বর্তনী যাতে বর্তনীর উপাংশ বা যন্ত্রাংশগুলো ক্ষুদ্র অর্ধ পরিবাহক চিপে বিশেষভাবে গঠন করা হয় যা স্বয়ংক্রিয়ভাবে চিপের অংশ।

খ অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারে ইনপুট পর্যাবৃত্ত ভোল্টেজের ধনাত্মক চক্রের জন্য কেবল আউটপুট পাওয়া যায়। কিন্তু পূর্ণতরঙ্গ রেক্টিফায়ারে ইনপুট পর্যাবৃত্ত ভোল্টেজের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক দুই চক্রের জন্যই আউটপুট ভোল্টেজ পাওয়া যায়।



এ কারণে অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারের চাইতে পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারের আউটপুট ভোল্টেজ বেশি হয়।

গ সংগ্রাহক প্রবাহ I_C ও নিঃসারক প্রবাহ I_E হলে,

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $\alpha = \frac{I_C}{I_C + I_B}$

বা, $\alpha I_C + \alpha I_B = I_C$

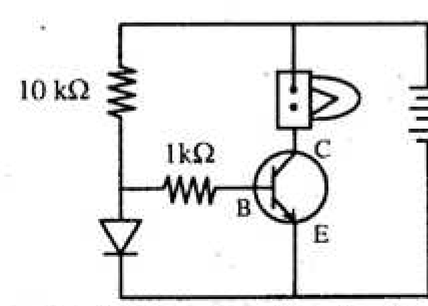
বা, $I_C - \alpha I_C = \alpha I_B$

$\therefore I_C = \frac{\alpha I_B}{1 - \alpha}$

$= \frac{0.99 \times 0.05}{1 - 0.99}$

$= 4.95$ mA **(Ans.)**

ঘ



চিত্রের বর্তনীতে ডায়োড সংযুক্ত করার কারণে বর্তনীর উক্ত অংশ শর্ট সার্কিটেড হয়ে যায়। ফলে কারেন্ট বেসে যায় না। ফলে ট্রানজিস্টরটি ক্রিয়াশীল থাকে না। ফলে সংগ্রাহক কারেন্ট শূন্য হয়। তাই লাইটটি জ্বলে না।

এখন উক্ত স্থানে ফটো রেজিস্টর লাগানো হলে, অন্ধকার স্থানে ফটো রেজিস্টরের রোধ অসীম। তাই বেসে কারেন্ট প্রবাহ শুরু হবে এবং ফলে ট্রানজিস্টর ক্রিয়াশীল হবে এবং সংগ্রাহক প্রবাহও অশূন্য হবে। ফলে লাইটটি জ্বলে উঠবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪ একটি কমন বেস সংযোগে থাকা ট্রানজিস্টরের নিঃসারক ও বেস প্রবাহ যথাক্রমে 0.85mA এবং 0.05mA

[মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ, মাগুরা]

ক. ডোপিং কী? ১

খ. বিপরীত ঝোঁকে ডায়োডের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় না কেন? ২

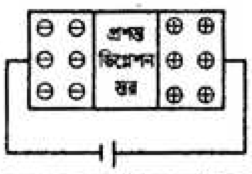
গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির বিবর্ধন ফ্যাক্টর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ



বিপরীত ঝোঁকে n-টাইপ বস্তুর মুক্ত ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের ফলে n-টাইপ বস্তুতেই থেকে যায়। একইভাবে p-টাইপ বস্তুর হোলও ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের কারণে p-টাইপ বস্তুতেই থেকে যায়। ফলে ডিপ্লেশন স্তর প্রশস্ত হয় ও কোনো তড়িৎ প্রবাহ হয় না।

গ প্রবাহ বিবর্ধন ফ্যাক্টর α হলে,

এখানে,
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0.85$ mA
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.05$ mA

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$
$$= \frac{I_E - I_B}{I_E}$$
$$= \frac{0.85 - 0.05}{0.85}$$
$$= \frac{0.80}{0.85}$$
$$= 0.941$$ **(Ans.)**

ঘ ট্রানজিস্টরটির বর্তমান প্রবাহ লাভ β_1 হলে,

$$\beta_1 = \frac{I_C}{I_B}$$
$$= \frac{I_E - I_B}{I_B}$$
$$= \frac{0.85 - 0.05}{0.05}$$
$$= 16$$

নিঃসারক ও বেস প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির নতুন প্রবাহ লাভ, β_2 হলে,

$$\beta_2 = \frac{I_C}{I_B}$$
$$= \frac{I_E - I_B}{I_B}$$
$$= \frac{0.85 \times 2 - 0.05 \times 2}{0.05 \times 2}$$
$$= 16$$

এখানে, $\beta_1 = \beta_2$

অর্থাৎ, নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করা হলেও ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ একই থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ সংখ্যা বিভিন্ন ভাবে প্রকাশ ও ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন: $(A82C.D)_{16}$ $(9)_{10}$ $(73057.62)_8$ ও $(1111001)_2$ সংখ্যাগুলোর যোগ, বিয়োগ, গুণ, ভাগ করার জন্য সবগুলোকে একই পদ্ধতিতে পরিবর্তন করে নিতে হয়। *[মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ, মাগুরা]*

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ বলতে কী বোঝায় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে প্রদত্ত অক্টাল ও হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা দুটি বিয়োগ করে হেক্সাডেসিমেলে দেখাও। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ডেসিমেল সংখ্যাটিকে বাইনারিতে রূপান্তরিত কর, এবং উদ্দীপকে প্রদত্ত বাইনারি সংখ্যাটিকে রূপান্তরিত বাইনারি সংখ্যা দ্বারা ভাগ করে ভাগফল ও ভাগশেষ কত দেখাও। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ রিভার্স বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করতে থাকলে ইলেকট্রনের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং সেমিকন্ডাক্টর (p – n) ডায়োডের পরমাণু থেকে ইলেকট্রন বেরিয়ে আসে। এ পর্যায়ে জাংশনে ইলেকট্রনের ধ্বস নামে ফলে প্রবাহ দ্রুত বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। রিভার্স কারেন্ট বা প্রবাহ বৃদ্ধির ফলে ডিপলেশন লেয়ার অঞ্চলে বা p – n জাংশনের সংযোগস্থলে রোধের পতন ঘটে। এই পর্যায়ে ভোল্টেজকে বলা হয় ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ। এ পর্যায়ে ডায়োড তার কার্যকারিতা হারিয়ে ফেলে অর্থাৎ ডায়োড তখন পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে। ব্রেক ডাউন ভোল্টেজের পর জাংশন সাধারণত স্থায়ীভাবে ধ্বংস প্রাপ্ত হয়।

গ $(73057.62)_8$ ও $(A82C.D)_{16}$ কে বাইনারিতে রূপান্তর করি

অকটাল	7	3	0	5	7	.	6	2
	111	011	000	101	111	.	110	010

$\therefore (73057.62)_8 \equiv (111011000101111\,.\,110\,010)_2$

হেক্সাডেসিমাল	A	8	2	C	.	D
	1010	1000	0010	1100	.	1101

$\therefore (A82C.D)_{16} \equiv (10101000\ 0010\ 1100.\ 1101)$

$\therefore$ 111011000101111.110010
    1010100000101100.1101
    1000111100101100.100110

বাইনারি	0001	0001	1110	0101	1100	.	1001	1000
হেক্সাডেসিমাল	1	1	E	5	C	.	9	8

$\therefore$ নির্ণেয় যোগফল $(11E5C.98)_{16}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের ডেসিমেল সংখ্যা 9 কে বাইনারিতে রূপান্তর করি—

2 | 9
2 | 4 – 1   1 ↑ LSD
2 | 2 – 0   0
2 | 1 – 0   0
  0 – 1   1   MSD

$\therefore (9)_{10} = (1001)_2$

প্রদত্ত বাইনারি সংখ্যা $(1111001)_2$ কে $(1001)_2$ দ্বারা ভাগ করি।

1001) 111001 (1101
1001
1100
1001
001101
1001
0100

$\therefore$ নির্ণেয় ভাগফল $(1101)_2$ ও ভাগশেষ $(100)_2$

প্রশ্ন ▶ ৪৬ উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. সুপারনোভা কী? ১

খ. চলন্ত ট্রেন থেকে একটি বস্তু ফেলে দিলে, ট্রেনের যাত্রী ও রাস্তার পাশে দাঁড়ানো দর্শক বস্তুটির গতি কেমন দেখবে? ২

গ. বিবর্ধক হিসাবে ডিভাইসটি ব্যবহার করতে প্রয়োজনীয় চিত্র একে বর্ণনা দাও। ৩

ঘ. ডিভাইসটিকে কীভাবে সুইচ হিসাবে ব্যবহার করা যাবে তার প্রয়োজনীয় বর্তনী একে ব্যাখ্যা সহ উপস্থাপন করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

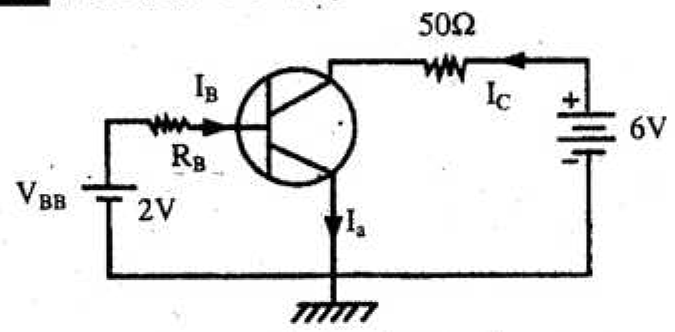
ক সূর্যের ভরের তুলনায় অনেক ভারী নক্ষত্রগুলো জ্বালানি শেষ হলে সঙ্কোচন অত্যন্ত তীব্র হয় এবং মূল অংশের ঘনত্ব এত বেড়ে যায় যে প্রচন্ড বিস্ফোরণের মধ্য দিয়ে মৃত্যুবরণ করে। এই প্রচণ্ড বিস্ফোরণকে সুপারনোভা (supernova) বিস্ফোরণ বলা হয়।

খ চলন্ত ট্রেন থেকে একটি বস্তু ফেলে দিলে বস্তুটির গতিপথ হবে দ্বিমাত্রিক, রাস্তারপাশে দাঁড়ানো দর্শকের সাপেক্ষে। এটি ট্রেনের সমান বেগ নিয়ে সামনের দিকে চলবে এবং একই সাথে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ন্যায় গতি অর্জন করবে। ফলে রাস্তার পাশে দাঁড়ানো দর্শকের কাছে মনে হবে, বস্তুটি অনুভূমিকভাবে নিক্ষিপ্ত একটি প্রাসের ন্যায়।
তবে ট্রেনের যাত্রী যেহেতু একই বেগে সামনের দিকে যাচ্ছে, তাই ট্রেনের গতির দিকে বরাবর সে বস্তুটির মাঝে কোনো বেগ দেখতে পাবে না। অন্যকথায় অনুভূমিক দিক বরাবর যাত্রীর সাপেক্ষে বস্তুর গতিবেগ শূন্য। তাই সে বস্তুটিকে কেবল খাড়া নিচের দিকে পড়তে দেখবে

গ ৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১১(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ নিচের চিত্রটি লক্ষ করো:



[আল-আমিন একাডেমী স্কুল এন্ড কলেজ, চাঁদপুর]

ক. ট্রানজিস্টর কাকে বলে? ১

খ. n – p – n এবং p – n – p ট্রানজিস্টর এর মধ্যে কোনটি বেশি ব্যবহার উপযোগী? ২

গ. উদ্দীপক হতে α ও β এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে দেখাও যে, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ ৩

ঘ. উদ্দীপকটিতে I_C, I_E এবং I_B এর মধ্যে কার মান সবচেয়ে কম? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। [যেখানে β = 10] ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি একই ধরনের অর্ধপরিবাহীর মধ্যস্থলে এদের বিপরীত ধরনের অর্ধপরিবাহী বিশেষ প্রক্রিয়ায় পরস্পরের সাথে যুক্ত করে যে যন্ত্র তৈরি করা হয় তাকে ট্রানজিস্টর বলে।

খ npn ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের প্রবাহের জন্য হয় এবং npn ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ হোল-এর প্রবাহের জন্য হয় কিন্তু বহির্বর্তনীর সংযোগ তারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের জন্যই হয়ে থাকে। অর্থাৎ npn ও pnp ট্রানজিস্টরের কার্যনীতি একই রকম হলেও npn ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক হল প্রধানত ইলেকট্রন এবং pnp ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক প্রধানত হোল।
আমরা জানি যে, ইলেকট্রন অধিক দ্রুত তড়িৎবাহক। তাই উচ্চ কম্পাঙ্ক বর্তনী বা কম্পিউটার বর্তনীতে pnp এর তুলনায় npn ব্যবহার করলে তা বেশী কার্যকর হয় এবং বর্তনী সিগনালের প্রতি দ্রুত সাড়া দেয়।

গ দ্বিমেরু ট্রানজিস্টরের বিবর্ধক বর্তনীর সাধারণ পীঠ বিন্যাসে সংগ্রাহক প্রবাহ ও নিঃসারক প্রবাহের অনুপাতকে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (α) বলে। অপরদিকে, সাধারণ নিঃসারক বিন্যাসের সংগ্রাহক প্রবাহ ও পীঠ প্রবাহের অনুপাতকে প্রবাহ লাভ (β) বলে।

সংজ্ঞামতে, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ এবং $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$\therefore \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\frac{I_C}{I_E}}{\frac{I_C}{I_B}} = \frac{I_B}{I_E}$ বা, $\frac{I_E}{I_B} = \frac{\beta}{\alpha}$

বা, $\frac{I_C + I_B}{I_B} = \frac{\beta}{\alpha}$ বা, $\frac{I_C}{I_B} + 1 = \frac{\beta}{\alpha}$ বা, $\beta + 1 = \frac{\beta}{\alpha}$

বা, $1 = \frac{\beta}{\alpha} - \beta$ বা, $\beta\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) = 1$

বা, $\beta\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) = 1$ $\therefore \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ [দেখানো হলো]

ঘ দেওয়া আছে,
প্রবাহ লাভ, β = 10
উদ্দীপকের বর্তনীর বাম লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,
$+V_{BB} - (3k\Omega)\, I_B - V_{BE} = 0$..........(i)
এখানে, V_{BB} = 2 volt এবং সিলিকনের তৈরি পীঠ নিঃসারক (যা একটি p - n জাংশন) জাংশনের বিভব পতন প্রায় 0.7 ভোল্ট।
$\therefore V_{BE} = 0.7$ volt
∴(i) হতে পাই, $(3k\Omega)\, I_B + V_{BE} = V_{BB}$
বা, $(3k\Omega)\, I_B = V_{BB} - V_{BE}$
$\therefore I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{3k\Omega} = \frac{2V - 0.7V}{3000\Omega} = 4.33 \times 10^{-4}A$
যেহেতু, β = 10 $\therefore \frac{I_C}{I_B} = 10$ বা, $I_C = 10 I_B = 10 \times 4.33 \times 10^{-4}A$
$= 4.33 \times 10^{-3}A$
এবং $I_E = I_C + I_B = 4.33 \times 10^{-3}A + 4.33 \times 10^{-4}$ A
$= 4.763 \times 10^{-3}$ A
I_C, I_B এবং I_E এর মান তুলনা করে পাই,
$4.33 \times 10^{-4}\text{ A} < 4.33 \times 10^{-3}\text{ A} < 4.763 \times 10^{-3}$ A
বা, $I_B < I_C < I_E$
সুতরাং, উদ্দীপকটিতে I_C, I_E এবং I_B এর মধ্যে I_B এর মান সবচেয়ে কম।

প্রশ্ন ▶ ৪৮ একটি n – p – n ট্রানজিস্টরকে CE বিন্যাসে সজ্জিত করা হলো। এক্ষেত্রে I_E = 1.75mA এবং I_B = 0.05mA পাওয়া গেল। পরবর্তীতে CB বিন্যাসে I_E ও I_C কে 3 গুণ করা হলো।

[শেরপুর সরকারি কলেজ, শেরপুর]

ক. লজিক গেইট কি? ১

খ. অর্ধপরিবাহীকে তাপ দিলে পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে কেন? ২

গ. প্রথম ক্ষেত্রে প্রবাহলাভ কত? ৩

ঘ. বিবর্ধক হিসেবে CE ও CB এর মধ্যে কোনটি বেশী কার্যকর হবে? বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সমস্ত ডিজিটাল ইলেকট্রনিক সার্কিট এক বা একাধিক ইনপুট গ্রহণ করে এবং একটিমাত্র আউটপুট প্রদান করে এবং যুক্তিভিত্তিক সংকেতের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে তাদেরকে লজিক গেট বলে।

খ অর্ধ পরিবাহকে তাপ দিলে কিছু সংখ্যক সহযোজী অনুবন্ধ ভেঙ্গে যায় এবং কিছু যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে প্রবেশ করার মত যথেষ্ট শক্তি অর্জন করে এবং মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হয় যা নির্দিষ্ট বিভব পার্থক্যে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। এজন্য অর্ধপরিবাহীকে তাপ দিলে পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায় এবং তা পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে।

গ দেওয়া আছে, CE বিন্যাসে
নিঃসারক প্রবাহ, I_E = 1.75 mA
পীঠ প্রবাহ, I_B = 0.05mA
বের করতে হবে, প্রবাহ লাভ, β = ?
আমরা জানি, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_B}$ $[\because I_E = I_C + I_B]$
$= \frac{I_E}{I_B} - 1 = \frac{1.75\text{ mA}}{0.05\text{mA}} - 1 = 34$ **(Ans.)**

ঘ CE বিন্যাসে পীঠে অন্তর্মুখী প্রবাহ দেওয়া হয় এবং সংগ্রাহক থেকে বহির্মুখী প্রবাহ নেওয়া হয়।
তাহলে বহির্মুখী প্রবাহ ও অন্তর্মুখী প্রবাহের অনুপাত $= \frac{I_C}{I_B}$
$\Rightarrow \beta = 34$ ['গ' অংশ থেকে পাই]
CE বিন্যাসে $I_C = I_E - I_B$ = 1.75 mA – 0.05mA = 1.70mA
দ্বিতীয়ক্ষেত্রে, CB বিন্যাসে
$I_E = 3 \times 1.75$ mA = 5.2 mA
এবং $I_C = 3 \times 1.70$ mA = 5.10mA

আমরা জানি, CB বিন্যাসে অন্তর্মুখী প্রবাহ দেওয় হয় নিঃসারকে এবং বহির্মুখী প্রবাহ নেওয়া হয় সংগ্রাহক থেকে। তাহলে বহির্মুখী প্রবাহ ও অন্তর্মুখী প্রবাহের অনুপাত $= \frac{I_C}{I_E}$

$$= \frac{5.10 \text{ mA}}{5.25\text{mA}} = 0.97$$

অর্থাৎ CB বিন্যাস অন্তর্মুখী প্রবাহ বা ভোল্টেজকে বিবর্ধিত করতে অক্ষম। অপরদিকে CE বিন্যাস অন্তর্মুখী সিগনালকে বহুগুণে বিবর্ধিত করতে সক্ষম। তাই বিবর্ধক হিসেবে CE কার্যকর। CB মোটেই কার্যকর নয়।

CB বিন্যাসে I_E ও I_C এর মান পূর্বের তুলনায় 3 গুণ করে কোনো লাভ নেই। কারণ এদের অনুপাত আগের মতোই থাকছে।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ একটি n – p – n ট্রানজিস্টরকে প্রথমে সাধারণ নিঃসারক বিন্যাসে সংযোগ দিয়ে নিঃসারক প্রবাহ 1.92 mA এবং পীঠ প্রবাহ 80A পাওয়া গেল। পরে সাধারণ ভূমি বিন্যাসে সংযোগ দিয়ে নিঃসারক প্রবাহ এবং সংগ্রাহ প্রবাহের মান পাঁচগুণ করা হলো।

[সিলেট সরকারি মহিলা কলেজ, সিলেট]

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১

খ. ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে অর্ধ-পরিবাহীর বৈশিষ্ট্য লেখ। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে প্রবাহ লাভ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত ট্রানজিস্টরের সাধারণ ভূমি বিন্যাসের সংযোগের ক্ষেত্রে প্রবাহ বিধর্বক গুণকের মান পরিবর্তন হবে কি-না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথের ইলেকট্রনগুলোকে যোজন ইলেকট্রন এবং এদের শক্তির পাল্লা বা ব্যান্ডকে যোজন ব্যান্ড বলে। আবার, মুক্ত যোজন ইলেকট্রনগুলো তড়িৎ পরিবহন করে বলে এদেরকে পরিবহন ইলেকট্রন এবং এদের শক্তির ব্যান্ডকে পরিবহন ব্যান্ড বলে। অর্ধপরিবাহকে যোজনশক্তি ব্যান্ড প্রায় পূর্ণ ও পরিবহন ব্যান্ড আংশিক পূর্ণ থাকে। এছাড়া এ দুই ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান খুবই কম থাকে। কক্ষ তাপমাত্রায় জার্মেনিয়ামের জন্য 0.7eV ও সিলিকনের জন্য 1.1eV । ফলে তুলনামূলক কম শক্তি প্রয়োগেই ইলেকট্রনগুলোকে যোজন ব্যান্ড হতে পরিবহন ব্যান্ডে স্থানান্তর সম্ভব হয়। একারণে তাপমাত্রা বাড়ালে অর্ধপরিবাহীর পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায়।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 23

ঘ আমরা জানি,

$I_{E_1} = I_{C_1} + I_{B_1}$

বা, $I_{C_1} = I_{E_1} - I_{B_1}$

$= (1.92 \text{ mA}) - (0.08 \text{ mA})$

$= 1.84 \text{ mA}$

এখানে,
নিঃসারক প্রবাহ, $I_{E_1} = 1.92 \text{ mA}$
পীঠ প্রবাহ, $I_{B_1} = 0.08 \text{ mA}$

আবার, $\alpha_1 = \frac{I_{C_1}}{I_{E_1}} = \frac{1.84 \text{ mA}}{1.92 \text{ mA}} = 0.958$

এখন, নিঃসারক প্রবাহ ও সংগ্রাহক প্রবাহ পাঁচগুণ করা হল

আমরা জানি,

$\alpha_2 = \frac{I_{C_2}}{I_{E_2}}$

$= \frac{9.2 \text{ mA}}{9.6 \text{ mA}}$

$= 0.958$

এখানে,
নিঃসারক প্রবাহ, $I_{E_2} = 5 \times (1.92 \text{ mA})$ $= 9.6 \text{ mA}$
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_{C_2} = 5 \times (1.84 \text{ mA})$ $= 9.2 \text{ mA}$

অর্থাৎ প্রবাহ বিবর্ধন গুণকের মান পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫০ একটি কমন বেজ সংযোগে থাকা ট্রানজিস্টরের নিঃসারক ও বেস প্রবাহ যথাক্রমে 0.85mA ও 0.05mA।

[শিলগাঁও মডেল বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ]

ক. ডোপিং কি? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে পারিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ২

গ. ট্রানিজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন গাণিকিতভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্জযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ দেওয়া আছে, নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0.85 \text{ mA}$

বেস প্রবাহ, $I_B = 0.05 \text{ mA}$

বের করতে হবে, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_E - I_B}{I_E} = 1 - \frac{I_B}{I_E} = 1 - \frac{0.05\text{mA}}{0.85 \text{ mA}} = \frac{16}{17} = 0.94 \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত উপাত্ত মতে,

প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_B}$

$= \frac{I_E}{I_B} - 1 = \frac{0.85 \text{ mA}}{0.05\text{mA}} - 1 = 16$

পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ করা হলে নিঃসারকের নতুন মান,

$I_E' = 2I_E = 2 \times 0.85\text{mA} = 1.7 \text{ mA}$

এবং বেস প্রবাহের নতুন মান, $I_B' = 2I_B = 2 \times 0.05 \text{ mA} = 0.1 \text{ mA}$

এক্ষেত্রে, প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C'}{I_B'} = \frac{I_E' - I_B'}{I_B'}$

$= \frac{I_E'}{I_B'} - 1 = \frac{1.7 \text{ mA}}{0.1 \text{ mA}} - 1 = 17 - 1 = 16$

সুতরাং, নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন হবে না।

বি.দ্র.: ট্রানজিস্টরটি যদি কমন এমিটার বিন্যাসে সংযুক্ত করা হয়। তবে অন্তঃর্গামী প্রবাহ তখন I_B এবং বহির্গামী প্রবাহ I_C এবং তখন প্রবাহ লাভ $\beta > 1$ হয়।

তাছাড়া কমন বেস সংযোগে ইনপুট প্রবাহ হচ্ছে I_E ও আউটপুট প্রবাহ I_C তাহলে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক বা প্রবাহ লাভ হচ্ছে, $\alpha < 1$।

প্রশ্ন ▶ ৫১ একটি কমন বেস সংযোগে থাকা ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ 200 এবং বেস কারেন্ট 90μA. *[পিরোজপুর সরকারি মহিলা কলেজ]*

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. আদর্শ কৃষ্ণবস্তু ও কৃষ্ণগহ্বর এক নয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. এমিটার কারেন্ট ও কালেক্টর কারেন্টের মান গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ আদর্শ কৃষ্ণবস্তু হচ্ছে সে সমস্ত বস্তু যেখানে আলো আপতিত হলে সমস্ত পরিমাণই শোষিত হয় অর্থাৎ এসব বস্তু থেকে কোন আলো প্রতিফলিত বা প্রতিসরিত হয় না।
আবার, বস্তুটি বিন্দু হোক বা না হোক এর আকর্ষণ বল এত বেশি যে বস্তুটি এবং এর আশেপাশের যে অঞ্চল থেকে কোন তথ্য পাওয়া সম্ভব নয়। যেখান থেকে আলো বা কোনো বস্তু বেরিয়ে আসতে পারে না ঐ অঞ্চলকে কৃষ্ণগহ্বর বলে। এই বস্তুর পৃষ্ঠ থেকে মুক্তিবেগ হবে আলোর দ্রুতি c এর চেয়েও বেশি কিন্তু আদর্শ কৃষ্ণবস্তুর থেকে এরকম কোন ধারণা পাওয়া যায় না।
অর্থাৎ বলা যায়, আদর্শ কৃষ্ণবস্তু ও কৃষ্ণগহ্বর এক নয়।

গ এখানে, বেস প্রাবহ লাভ, $\beta = 200$
বেস কারেন্ট, $I_B = 90\mu A = 90 \times 10^{-6} A$
এমিটার প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, $\alpha = ?$

আমরা জানি, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = 200$

বা, $200 I_B = I_C$ .... (i)

আবার, $I_E = I_B + I_C$
$I_E = I_B + 200I_B = 201I_B$................. (ii)

সুতরাং, $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{200I_B}{201I_B} = 0.995$ **(Ans.)**

বি.দ্র.: কমন বেস সংযোগের ক্ষেত্রে, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (current gain) $\alpha < 1$;
α কে এমিটার প্রবাহ বিবর্ধন গুণকও বলা যায়।
আবার, কমন এমিটার সংযোগের ক্ষেত্রে প্রবাহ লাভ (current gain), $\beta > 1$; β কে বেস প্রবাহ লাভও বলা যায়,
α ও β এর মধ্যে সম্পর্ক হলো, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

ঘ এখানে, প্রবাহ লাভ, $\beta = 200$
বেস কারেন্ট, $I_B = 90\mu A = 90 \times 10^{-6} A$
$= 90 \times 10^{-3}$ mA $= 0.09$mA

মনে করি, এমিটার এবং কালেক্টর এর কারেন্ট যথাক্রমে I_E এবং I_C

আমরা জানি, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

বা, $I_C = 200I_B = 200 \times 90 \times 10^{-6} A = 18mA$

আবার, $I_E = I_B + I_C = (0.09 + 18)$ mA $= 18.09$ mA

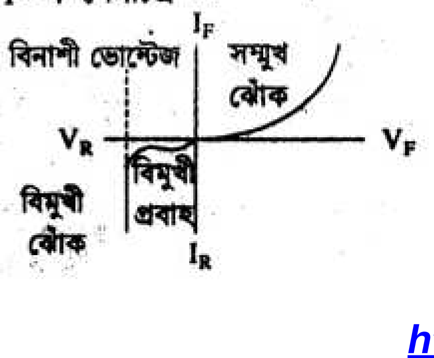
অর্থাৎ এমিটারে কারেন্টের মান বেস কারেন্ট ও কালেক্টর কারেন্টের থেকে বেশি হয়।

প্রশ্ন ▶ ৫২ সাধারণ নিঃসারক ট্রানজিস্টর এর প্রবাহ বিবর্ধন গুণক এবং নিঃসারক প্রবাহ যথাক্রমে 0.95 and 1mA। *[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]*
ক. স্ফটিক কি? ১
খ. p – n জংশন এর I – V গ্রাফ থেকে জেনার প্রভাব ব্যাখ্যা কর? ২
গ. প্রবাহ লাভ বের করো? ৩
ঘ. যদি ভূমি প্রবাহ 0.2 mA এবং প্রবাহ লাভ 100 হয় তাহলে কি নিঃসারক প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হবে –গাণিতিক পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্ফটিক হলো এক ধরনের কঠিন পদার্থ যার উপাদান (অণু, পরমাণু বা আয়ন) গুলো অত্যন্ত সুশৃঙ্খলভাবে সজ্জিত থাকে এবং ল্যাটিস আকারে সবদিকে বর্ধিত হয়।

খ একটি p–n জংশনের দুই প্রান্তে ভোল্টেজ প্রয়োগ করে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। এর I – V লেখচিত্র—



ডায়োডের বৈশিষ্ট্য লেখ থেকে, বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে ভোল্টেজের পার্থক্য যতই বাড়ানো হোক না কেন তড়িৎ প্রবাহের মানের পরিবর্তন খুবই কম হয়। এই অবস্থায় ভোল্টেজ আরো বাড়াতে থাকলে শেষে এক সময় বিপুল পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। এই ঘটনাকে জেনার প্রভাব বলে।

গ দেওয়া আছে, কারেন্ট বিবর্ধন গুণক, $\alpha = 0.95$
এমিটার কারেন্ট, $I_E = 1mA$

আমরা জানি, কারেন্ট গেইন, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.95}{1-0.95}$

$\therefore \beta = 19$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,
বেস কারেন্ট, $I_{B_2} = 0.2mA$
কারেন্ট গেইন, $\beta = 100$
প্রথম ক্ষেত্রে, $I_E = 1mA$

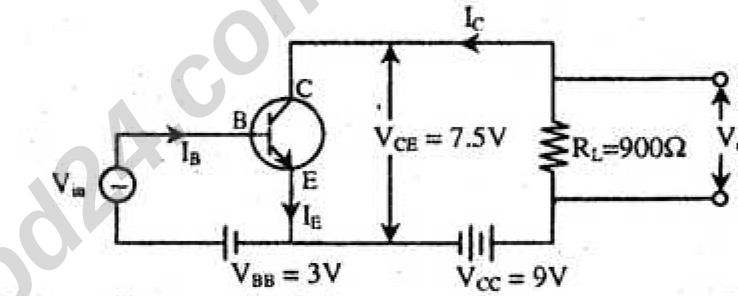
তাহলে, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কালেক্টর প্রবাহ I_{C_2} হলে,
$I_{C_2} = \beta_2 \times I_{B_2} = 100 \times 0.2 = 20m A$

আমরা জানি, $I_{E_2} = I_{B_2} + I_{C2} = 20mA + 0.2mA = 20.2mA$

$\therefore$ নিঃসারক প্রবাহের পরিবর্তন বা বৃদ্ধি $= (20.2 - 1)mA$
$= 19.2mA$

অর্থাৎ প্রবাহ লাভের পরিবর্তনে নিঃসারক প্রবাহ 19.2mA বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ চিত্রটি লক্ষ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



চিত্রে একটি n-p-n ট্রানজিস্টর দেখানো হয়েছে যার প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, $\alpha = 0.95$। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]*
ক. গতীয় রোধ কী? ১
খ. একটি কৃষ্ণ বিবরের শোয়ার্জশিল্ড ব্যাসার্ধ 31km বলতে কী বোঝায়? ২
গ. উদ্দীপক হতে R_L এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্য হতে ট্রানজিস্টরটির ভূমি প্রবাহ নির্ণয় করা সম্ভব কি-না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি নির্দিষ্ট বায়াস বিভবে এর মানের ক্ষুদ্র পরিবর্তন ও আনুষঙ্গিক প্রবাহের মানের পরিবর্তনের অনুপাতকে ঐ নির্দিষ্ট বায়াস বিভবে ডায়োডের গতীয় রোধ বলে।

খ ২১(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: Hints: $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_L}$, $V_{out} = I_C R_L$

ঘ ২৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

দশম অধ্যায়: সেমিকন্ডাক্টর ও ইলেকট্রনিক্স

৩১৮. কোনটি অন্তরক পদার্থ? (জ্ঞান)
ক তামা　খ রূপা
গ ইবোনাইট　ঘ অ্যালুমিনিয়াম　**গ**

৩১৯. পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ কত? (জ্ঞান)
ক $(10^{-10} - 10^{-6})\Omega m$　খ $(10^{-8} - 10^{-6})\ \Omega m$
গ $(10^{10} - 10^{-6})\Omega m$　ঘ $10^{8} - 10^{6})\Omega m$　**খ**

৩২০. অর্ধপরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ কত? [সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল] (জ্ঞান)
ক $10^{-8}\ \Omega m - 10^{13}\Omega m$
খ $10^{-4}\ \Omega m - 10^{6}\Omega m$
গ $10^{8}\ \Omega m - 10^{13}\Omega m$
ঘ $10^{13}\Omega m$ এর বেশি　**খ**

৩২১. কোনটির আপেক্ষিক রোধ সর্বাধিক? (জ্ঞান)
ক রাবার　খ জার্মেনিয়াম
গ সিলিকন　ঘ তামা　**ক**

৩২২. কোনটির যোজন ব্যান্ড সম্পূর্ণভাবে পূর্ণ থাকে? (জ্ঞান)
ক ক্ষার ধাতু　খ মৃৎক্ষার ধাতু
গ হ্যালোজেনসমূহের　ঘ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের　**ঘ**

৩২৩. যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী অঞ্চলকে কী বলে? (জ্ঞান)
ক নিষিদ্ধ অঞ্চল　খ শূন্য অঞ্চল
গ শক্তি অঞ্চল　ঘ নিরাপদ অঞ্চল　**ক**

৩২৪. হোল কীরূপ চার্জ বিশিষ্ট? (জ্ঞান)
ক ধনাত্মক　খ ঋণাত্মক
গ নিরপেক্ষ　ঘ চার্জহীন　**ক**

৩২৫. অন্তরকে শক্তির ব্যবধান কত? (জ্ঞান)
ক 5eV　খ 3eV
গ 4eV　ঘ 7eV　**ঘ**

৩২৬. কোন তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ড পূর্ণ থাকে? (অনুধাবন)
ক শূন্য তাপমাত্রায়　খ ক্রান্তি তাপমাত্রায়
গ সংকট তাপমাত্রায়
ঘ পরম শূন্য তাপমাত্রায়　**ঘ**

৩২৭. যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তির ব্যবধান 0.7eV হলে সেটি নিচের কোনটি? [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (অনুধাবন)
ক ধাতু　খ অন্তরক
গ অর্ধপরিবাহী　ঘ সংকর ধাতু　**গ**

৩২৮. পরিবাহীতে যোজনী ব্যান্ড এবং পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ফাঁক— [ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক অনেক বেশি　খ বড়
গ শূন্য　ঘ ছোট　**গ**

৩২৯. বিশুদ্ধ জার্মেনিয়ামের সাথে কোন অপদ্রব্য মিশিয়ে p-টাইপ অর্ধপরিবাহী তৈরি করা হয়। [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া] (জ্ঞান)
ক আর্সেনিক　খ গ্যালিয়াম
গ আন্টিমনি　ঘ ফসফরাস　**খ**

৩৩০. n-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে কত যোজী অর্ধপরিবাহী মিশ্রিত হয়? (জ্ঞান)
ক দ্বিযোজী　খ ত্রিযোজী
গ চতুর্যোজী　ঘ পঞ্চযোজী　**ঘ**

৩৩১. জার্মেনিয়ামের সাথে ফসফরাস মেশালে কয়টি ইলেকট্রন মুক্ত থাকে? (জ্ঞান)
ক একটি　খ দুইটি
গ তিনটি　ঘ চারটি　**ক**

৩৩২. কোনটিকে দাতা পরমাণু বলা হয়? (জ্ঞান)
ক অ্যালুমিনিয়ামকে　খ সিলিকনকে
গ ফসফরাসকে　ঘ জার্মেনিয়ামকে　**গ**

৩৩৩. p – n জংশনের অপর নাম কী? (জ্ঞান)
ক পরিবাহী ডায়োড　খ অর্ধপরিবাহী ডায়োড
গ অন্তরক ডায়োড　ঘ অপরিবাহী ডায়োড　**খ**

৩৩৪. কারেন্ট বিবর্ধক গুণক α হল— (জ্ঞান)
ক $\frac{I_C}{I_E}$　খ $\frac{I_C}{I_B}$
গ $\frac{I_B}{I_E}$　ঘ $\frac{I_B}{I_C}$　**ক**

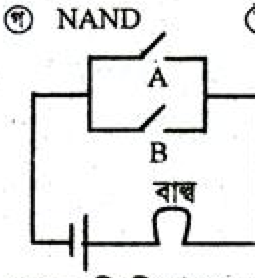
৩৩৫. কোনটি সরলতম সংখ্যা পদ্ধতি? (জ্ঞান)
ক দশমিক　খ অক্টাল
গ বাইনারি　ঘ হেক্সাডেসিমাল　**গ**

৩৩৬. হেক্সাডেসিমাল 'C' এর বাইনারি হল—
ক 1001　খ 1100
গ 1010　ঘ 1110　**খ**

৩৩৭. $(225)_{10}$ এর অক্টাল মান কত? (প্রয়োগ)
ক $(342)_{10}$　খ $(242)_8$
গ $(341)_8$　ঘ $(441)_8$　**গ**

৩৩৮. $(525.27)_8$ কে বাইনারিতে রূপান্তর করলে কত হবে? (প্রয়োগ)
ক $(101010101.010111)_2$
খ $(1011010.1111)_2$
গ $(1011010.010111)_2$
ঘ $(1011100.10011)_2$　**ক**

৩৩৯. কোন গেইটি মৌলিক নয়? (জ্ঞান)
ক OR　খ AND
গ NAND　ঘ NOT　**গ**

৩৪০.


ওপরের চিত্রটি কোন গেইট নির্দেশ করে? (উচ্চতর দক্ষতা)
ক NOT gate　খ NOR gate
গ AND gate　ঘ OR gate　**ঘ**

৩৪১. কোনটি মৌলিক গেট? [সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম] (জ্ঞান)
ক AND　খ NAND
গ NOR　ঘ X-OR　**ক**

৩৪২. তাপমাত্রা বাড়লে — (অনুধাবন)
i. অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বাড়ে
ii. পরিবাহীর পরিবাহিতা বাড়ে
iii. পরিবাহীর রোধকতা বাড়ে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii　খ i ও iii
গ ii ও iii　ঘ i, ii ও iii　**খ**

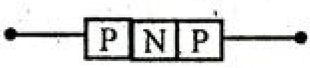
৩৪৩. বিশুদ্ধ সিলিকন বা জার্মেনিয়াম — (অনুধাবন)
i. উত্তম পরিবাহক
ii. উত্তম অন্তরক
iii. মুক্ত ইলেকট্রন বিহীন থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **গ**

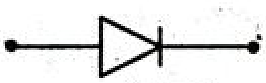
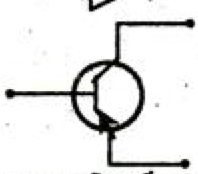
৩৪৪. পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ড — (অনুধাবন)
i. পাশাপাশি থাকে
ii. পরস্পর উপরিলেপন থাকে
iii. এর মাঝে শক্তি ব্যবধান থাকে না
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **গ**

৩৪৫. অন্তরক পদার্থ — (অনুধাবন)
i. এর শক্তি ব্যবধান 6eV অপেক্ষা বেশি
ii. এর যোজন ব্যান্ড সম্পূর্ণ পূর্ণ থাকে
iii. হীরকের শক্তি ব্যবধান 7eV
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ঘ**

৩৪৬. জার্মেনিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামকে মিশালে — (অনুধাবন)
i. তিনটি সমযোজী বন্ধন তৈরী হয়
ii. একটি করে হোলের সৃষ্টি হয়
iii. n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তৈরি হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ক**

৩৪৭. অর্ধতরঙ্গ একমুখীকরণে — (অনুধাবন)
i. বর্তনীতে পরিবর্তী উৎসের সাথে সংযুক্ত থাকে
ii. বিরতিযুক্ত একমুখী প্রবাহ পাওয়া যায়
iii. জংশনটি একবার সম্মুখী, একবার বিমুখী বায়াস প্রাপ্ত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ঘ**

৩৪৮. ট্রানজিস্টর হচ্ছে— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. 

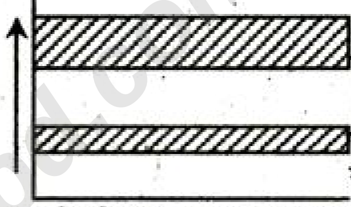
ii. 
iii. 
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **খ**

৩৪৯. ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়— (অনুধাবন)
i. বিবর্ধক হিসাবে
ii. রেকটিফায়ার হিসাবে
iii. সুইচ হিসাবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ ii ও iii
গ i ও iii   ঘ i, ii ও iii   **গ**

৩৫০. p-n-p ট্রানজিস্টর এর — (অনুধাবন)
i. দুটি সংযোগকে দুভাবে বায়াস করা হয়
ii. মধ্যস্থিত কারেন্ট বাহক হচ্ছে হোল
iii. p-n জাংশনে সম্মুখী বায়াস
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ঘ**

৩৫১. ট্রানজিস্টরের বিভিন্ন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক — (অনুধাবন)
i. কার্শফের সূত্রানুযায়ী পাওয়া যায়
ii. হলো $I_e = I_b + I_c$
iii. কালেক্টর কারেন্ট এমিটার কারেন্ট অপেক্ষা সর্বদা কম হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ঘ**

নিচের চিত্রটি লক্ষ্য করো এবং ৩৫২ - ৩৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৩৫২. চিত্রটি কোন পদার্থকে সমর্থন করে? (অনুধাবন)
ক রাবার   খ সিলিকন
গ তামা   ঘ রুপা   **ক**

৩৫৩. X কী? (জ্ঞান)
ক ব্যান্ড ব্যবধান   খ শক্তি আধান
গ নিষিদ্ধ ব্যান্ড   ঘ পরিবহন ব্যান্ড   **গ**

৩৫৪. এখানে — (উচ্চতর দক্ষতা)
i. উপরের অংশটি যোজন ব্যান্ড
ii. নিচের অংশটি পরিবহন ব্যান্ড
iii. X এর মান 7eV
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii   খ i ও iii
গ ii ও iii   ঘ i, ii ও iii   **ঘ**

উদ্দীপকটি পড়ে ৩৫৫ ও ৩৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
কোনো ট্রানজিস্টরের কমন বেস সার্কিটে এমিটার কারেন্ট 100μA থেকে 150μA এ উন্নীত করায় কালেক্টর কারেন্ট 98μA থেকে 147μA এ উন্নীত হল।

৩৫৫. কারেন্ট অ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কত? [নটরডেম কলেজ, ঢাকা] (প্রয়োগ)
ক 0.96   খ 0.97
গ 0.98   ঘ 0.99   **গ**

৩৫৬. যদি সম্মুখ ঝোঁক বর্তনীতে 100Ω মানের একটি রোধ যুক্ত করা হয় তাহলে কী পরিমাণ ভোল্টেজের পরিবর্তন হবে? [নটরডেম কলেজ, ঢাকা] (প্রয়োগ)
ক 0.002V   খ 0.003V
গ 0.004V   ঘ 0.005V   **ঘ**

অধ্যায়-১১: জ্যোতির্বিজ্ঞান

প্রশ্ন ▶ ১ সুপার নোভার লাল অপভ্রংশের মাত্রা পরিমাপ করে দেখা যায় যে, মহাবিশ্বের সম্প্রসারণ হার ধীরে ধীরে বেড়ে চলেছে। তদ্রূপ একটি পরীক্ষায় দেখা গেল পৃথিবী থেকে একটি কোয়াসার $2.7 \times 10^8\ ms^{-1}$ বেগে সরে যাচ্ছে। *[ঘাটাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]*

ক. কোয়ার্ক কী? ১

খ. কণিকা ও প্রতিকণিকার সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পৃথিবী হতে উল্লিখিত কোয়াসারটির দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. অদৃশ্য বস্তুর ধারণা কেনো যুক্তিযুক্ত এবং অদৃশ্য শক্তি কীভাবে মহাবিশ্বের সম্প্রসারণ বৃদ্ধি করছে ব্যাখ্যা করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোয়ার্ক হলো পদার্থের মৌলিক কণা ও মৌলিক প্রয়োজনীয় উপাদান যা দ্বারা পদার্থ গঠিত।

খ কণিকা ও প্রতিকণিকার সাদৃশ্য হলো এদের উভয়েরই ভর রয়েছে এবং উভয়েই মহাকর্ষ ক্ষেত্র সৃষ্টি করে।

বৈসাদৃশ্য এই যে, প্রতিকণিকার চার্জ কণিকার চার্জের বিপরীত। একারণে যেসকল কণিকার (যেমন ফোটন) চার্জ নেই, তারা নিজেরাই নিজেদের প্রতিকণিকা।

গ দেওয়া আছে,

কোয়াসারটির সরে যাওয়ার হার, $v = 2.7 \times 10^8\ ms^{-1}$

জানা আছে, হাবলের ধ্রুবক, $H = 500\ kms^{-1}Mpc^{-1}$

বের করতে হবে, কোয়াসারটির দূরত্ব, $r = ?$

আমরা জানি, হাবলের সূত্রানুযায়ী,

$$r = \frac{v}{H} = \frac{2.7 \times 10^8\ ms^{-1}}{500\ kms^{-1}\ MPC^{-1}} = 540Mpc$$

$$= 540 \times 10^6 \times 3.26\ ly$$

$$= 1.76 \times 10^9\ ly\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ ১৯৩৩ সালে ফ্রিটজ জিকির পর্যবেক্ষণে ধরা পড়ে যে, মহাবিশ্বের আছে কোনো অতিরিক্ত মহাকর্ষ, আর সেটা আসছে কোনো হারিয়ে যাওয়া বস্তুর ভর থেকে, যা দেখতে পাচ্ছি না আমরা। হয়তো তা আছে গুচ্ছে ছড়িয়ে থাকা গ্যাসরূপে, কেনো নিস্প্রভ তারা রূপে, বা অন্য কোনো রূপে। মনে করা হয় যে, মহাবিশ্বে রয়েছে হারিয়ে যাওয়া বস্তুর ভর, যা দেখা যায় না, যা কাজ করে চলে অদৃশ্য থেকে। যদি হারিয়ে যাওয়া ভর পরিমাণে অল্প হয়, তাহলে মহাবিশ্ব মুক্ত। সেক্ষেত্রে মহাবিশ্ব কখনো সংকুচিত হয়ে আবার আদিরূপে ফিরে যাবে না, সম্প্রসারিত হতে থাকবে চিরকাল। কিন্তু হারিয়ে যাওয়া ভর যদি খুব বেশি হয়, তাহলে মহাবিশ্ব বন্ধ, মহাবিশ্ব অদূর ভবিষ্যতে অবশ্যই সংকুচিত হয়ে ফিরে যাবে আদিরূপে।

সম্প্রসারণশীল মহাবিশ্বের সম্প্রসারণ যে একসময় থেমে যেতে পারে, তার মূল কারণ হচ্ছে মহাকর্ষ। মহাকর্ষ আবার সবকিছুকে টেনে এনে জড়ো করতে পারে এক জায়গায় মহাসংহত রূপে। এটা অসম্ভব নয়; পদার্থের চরিত্রে এটা আছে। মহাবিশ্বের সম্প্রসারণ থেমে যাওয়া নির্ভর করে মহাবিশ্বের অভিকর্ষের পরিমাণের ওপর, আর অভিকর্ষের পরিমাণ নির্ভর করে পদার্থের ঘনত্বের ওপর। মহাবিশ্বের গড় ঘনত্ব সংকট ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি হলে সম্প্রসারণ থেমে গিয়ে এবার সংকুচিত হতে শুরু করবে মহাবিশ্ব।

ওপরোক্ত আলোচনার পরিপ্রেক্ষিতে এটা স্পষ্ট যে, মহাবিশ্বে অদৃশ্য বস্তুর ধারণা যুক্তিযুক্ত এবং অদৃশ্য ভর/শক্তি মহাবিশ্বের সম্প্রসারণ বন্ধ করতে সক্ষম।

প্রশ্ন ▶ ২ পদার্থবিজ্ঞানের অধ্যাপক হাসানুজ্জামান জ্যোতির্বিজ্ঞান নিয়ে নানা বিষয়ে বিস্ময়কর কথা বলতে গিয়ে এক পর্যায়ে বললেন, যে সমস্ত তারকার ভর $1.4M_0$ ও $3M_0$ এর মধ্যে থাকে তারা নিউট্রন তারকায় পরিণত হয়। $[M_0 = 2 \times 10^{30}kg]$ *[আইডিয়াল কলেজ, ধানমন্ডি]*

ক. জেনার বিভব কাকে বলে? ১

খ. কোন ধাতুর সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $6.3 \times 10^{14}Hz$ বলতে কি বুঝ? ২

গ. $3M_0$ ভরের তারকার সোয়ার্জস্কাইল্ড ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত কোনো তারকার মুক্তি বেগ কী আলোর বেগের সমান হতে পারে? গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জাংশন ডায়োডে পশ্চাৎমুখী বায়াস ক্রমশ বাড়াতে থাকলে যে বিশেষ ভোল্টেজে তড়িৎ প্রবাহ হঠাৎ খুব বেশি বৃদ্ধি পায় তাকে জেনার বিভব বলে।

খ কোনো ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক 6.3×10^{-14} Hz বলতে বোঝায়, উক্ত ধাতুর উপর সর্বনিম্ন 6.3×10^{-14} Hz কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় কিন্তু 6.3×10^{-14} Hz এর কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় না।

গ এখানে,

ভর, $M = 3M_0 = 3 \times 2 \times 10^{30}kg$

সোয়ার্জস্কাইল্ড ব্যাসার্ধ, $R_S = ?$

আমরা জানি,

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{R_S}}$$

$$\text{বা, } R_S = \frac{2GM}{C^2}$$

$$\text{বা, } R_S = \frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 3 \times 2 \times 10^{30}}{(3 \times 10^8)^2}$$

$$\therefore R_S = 8897.3m\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ কোন নক্ষত্রের ভর 2 সৌরভরের কম হলে তা White dwarf এবং ভর 2 সৌর ভর থেকে 5 সৌর ভরের মাঝে থাকলে তা হলো নিউট্রন স্টার।

সুতরাং উদ্দীপকের প্রথম তারকাটি White dwarf এবং দ্বিতীয় তারকাটি নিউট্রন স্টার।

কৃষ্ণগহ্বর হওয়ার জন্য কোন তারকার ভর পাঁচ সৌরভরের বেশি হতে হবে। যেহেতু উদ্দীপকে বলেই দেওয়া আছে তারকাদ্বয়ের ভর কিরূপ, সুতরাং তাদের কৃষ্ণগহ্বর হওয়ার সম্ভাবনা নেই। ফলে এদের মুক্তিবেগ আলোর বেগের সমান বা বেশি হতে পারে না।

যেহেতু উদ্দীপকে ব্যাসার্ধ সম্পর্কিত কোন তথ্য নেই। তাই এইরূপ প্রশ্নের গাণিতিক ব্যাখ্যা চাওয়া অবান্তর।

প্রশ্ন ▶ ৩ Cygnax-1 নক্ষত্রের ভর সূর্যের ভরের ৪ গুণ এবং ব্যাসার্ধ 22 গুণ। সূর্যের ভর $2 \times 10^{30}kg$ এবং ব্যাসার্ধ 7×10^8m। *[বিশ্বনাথ কলেজ, সিলেট]*

ক. শোয়ার্জশিল্ড ব্যাসার্ধ কী? ১

খ. সূর্য কৃষ্ণগহ্বরে পরিণত হলে পৃথিবী কি সূর্যের চারদিকে ঘুরবে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক থেকে সূর্যের সংকট ব্যাসার্ধ কত বের কর। ৩

ঘ. নক্ষত্রটিকে তুমি কৃষ্ণবিবর বলতে পারবে কি না? গাণিতিকভাবে যুক্তি দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদিও কোন সম্ভাবনা নেই তবুও কৃষ্ণ বিবরের ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধকে শোয়ার্জফিল্ড ব্যাসার্ধ বলে।

খ সূর্য কৃষ্ণ বিবরে পরিণত হলে এর আকার অত্যন্ত ছোট হবে কিন্তু ভরের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না এবং সূর্যের ভরকেন্দ্র থেকে পৃথিবীর দূরত্বের কোনো পরিবর্তন হবে না। এতে সূর্য ও পৃথিবীর আকর্ষণ বলের ও কোনো পরিবর্তন হবে না। ফলে পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরতে থাকবে।

গ দেওয়া আছে,

পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

মহাকর্ষ ধ্রুবক, $G = 6.6 \times 10^{-11}$ $Nm^2 kg^{-2}$

শূন্য স্থানে আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

শোয়ার্জশিল্ড ব্যাসার্ধ, $R_s = ?$

আমরা জানি,

$$R_s = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2 \times 6.6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24} \text{ kg}}{(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2}$$

$= 0.0088$ m

$= 0.88$ cm **(Ans.)**

ঘ এখানে, সূর্যের ভর, $M_0 = 2 \times 10^{30}$ kg

নক্ষত্রের ভর, $M = 8 M_0$

$= 8 \times 2 \times 10^{30}$ kg

$= 16 \times 10^{30}$ kg

নক্ষত্রের ব্যাসার্ধ, $R = 22 \times$ সূর্যের ব্যাসার্ধ

$= 22 \times 7 \times 10^8$m

মহাকর্ষ ধ্রুবক, $G = 6.6 \times 10^{-11}$ $Nm^2 kg^{-2}$

নক্ষত্রটির মুক্তিবেগ v হলে,

আমরা জানি,

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{kg}^{-2} \times 16 \times 10^{30} \text{ kg}}{22 \times 7 \times 10^8 \text{ m}}}$$

$= 370328$ ms^{-1}

<< আলার বেগ (c)

কিন্তু আমরা জানি কোনো নক্ষত্রের অন্তিম কালে মুক্তিবেগ যদি আলোর বেগের (c) সমান হয়, তাহলে ঐ নক্ষত্রের পৃষ্ঠ হতে আলো মুক্ত হয়ে বেরিয়ে আসতে পারে না এবং সেটি তখন কৃষ্ণগহ্বর বা কৃষ্ণবিবরে পরিণত হবে। যেহেতু গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় নক্ষত্রটির মুক্তিবেগ আলোর বেগের চেয়ে অনেক কম সেহেতু উদ্দীপকের নক্ষত্রটিকে কৃষ্ণবিবর বলা যাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪ সূর্যের ভর $M_o = 2 \times 10^{30}$kg। একটি কৃষ্ণ বিবরের ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধ R_s= 6.53 km। *[মেরিন একাডেমি কলেজ]*

ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. কৃষ্ণবিবর (Black Hole) এর ধারণাটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কৃষবিবরের ভর এবং ঘনত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. একটি নক্ষত্রের ভর $4M_o$ হলে তবে তার ঘনত্ব ও কৃষ্ণবিবরের ঘনত্বের তুলনা কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ তারকায় যদি যথেষ্ট ভর ও ঘনত্ব থাকে, তাহলে তার মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র এত শক্তিশালী হবে যে, সেখান থেকে আলো নির্গত হতে পারবে না। সেই তারকার পৃষ্ঠ থেকে নির্গত আলোক বেশি দূর যাওয়ার আগেই তারকাটির মহাকর্ষীয় আকর্ষণ তাকে পিছনে টেনে নিয়ে আসবে। এরকম বহুসংখ্যক তারকা রয়েছে বলে মিচেল ধারণা করেছিলেন। এ সব তারকা থেকে আলো আসতে পারে না বলে আমরা এদের দেখতে পাই না। তবে এদের মহাকর্ষ আকর্ষণ আমাদের বোধগম্য হবে, এই সমস্ত বস্তুপিণ্ডকে আমরা কৃষ্ণবিবর বা কৃষ্ণগহ্বর বলি।

M ভরের কোনো বস্তু তখনই কৃষ্ণবিবর হিসেবে কাজ করবে যখন এর ব্যাসার্ধ, একটি নির্দিষ্ট সংকট ব্যাসার্ধের সমান বা কম হবে। মুক্তি বেগ v এর সমীকরণে v এর পরিবর্তে c বসালে আমরা এই সংকট ব্যাসার্ধ পেতে পারি।

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{R_s}}$$

এখানে c আলোর দ্রুতি, R_s সংকট ব্যাসার্ধ

সংকট ব্যাসার্ধ R_s কে সোয়ার্জস্কাইল্ড ব্যাসার্ধও বলা হয়। R_s এর জন্য সমাধান করে আমরা পাই, $R_s = \frac{2GM}{c^2}$

গ

এখানে,

কৃষ্ণবিবরের ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধ, $R_s = 6.53$ km

$= 6.53 \times 10^3$m

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

কৃষ্ণবিবরের ভর M হলে

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{R_s}}$$

বা, $c^2 = \frac{2GM}{R_s}$

বা, $M = \frac{c^2 \times R_s}{2 \times G}$

$$= \frac{(3 \times 10^8)^2 \times 6.53 \times 10^3}{2 \times 6.673 \times 10^{-11}}$$

$= 4.4 \times 10^{30}$ kg

এখন কৃষ্ণবিবরের আয়তন V হলে,

ঘনত্ব, $\rho = \frac{M}{V}$

$$= \frac{4 \cdot 4 \times 10^{30}}{\frac{4}{3}\pi (6.53 \times 10^3)^3}$$

$= 3.77 \times 10^{18}$ kgm^{-3} **(Ans.)**

ঘ

এখানে,

নক্ষত্রের ভর,

$M = 4M_0 = 4 \times 2 \times 10^{30}$

$= 8 \times 10^{30}$ kg

আলোর বেগ,

$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

কৃষ্ণবিবরটির ঘনত্ব,

$\rho_B = 3.77 \times 10^{18}$ kgm^{-3}

নক্ষত্রটি কৃষ্ণবিবরে পরিণত হলে তার ব্যাসার্ধ = R_s হলে,

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{R_s}}$$

$\therefore R_s = \frac{2GM}{c^2}$

$$= \frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 8 \times 10^{30}}{(3 \times 10^8)^2}$$

$= 11.863$ km

$\therefore$ ঘনত্ব, $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_s^3}$

$$= \frac{8 \times 10^{30}}{\frac{4}{3} \times \pi \times (11.863 \times 10^3)^3}$$

$= 1.14 \times 10^{18}$ $kg/m^3 < \rho_B$

অতএব, $4M_0$ ভরের নক্ষত্রটি কৃষ্ণবিবরে পরিণত হলে তার ঘনত্ব উদ্দীপকে উল্লিখিত কৃষ্ণবিবরের ঘনত্ব অপেক্ষা কম হবে।

একাদশ অধ্যায় : জ্যোতির্বিজ্ঞান

৩৫৭. কোন কোন বিজ্ঞানী দেখান যে পৃথিবী ক্রমশ প্রসারিত হচ্ছে? (জ্ঞান)
ক ফ্রিডম্যান ও কার্শফ
খ হেনরি ও নিউটন
গ ফ্রিডম্যান ও হেনরি
ঘ লরেঞ্জ ও আইনস্টাইন — গ

৩৫৮. কত সালে এডউইন হাবল দেখতে পান যে গ্যালাক্সিগুলো হতে আগত আলোক রশ্মি লাল আলোর দিকে সরে যাচ্ছে? (জ্ঞান)
ক ১৯২০ খ ১৯২৫
গ ১৯২৯ ঘ ১৯২৮ — গ

৩৫৯. কোন বিজ্ঞানী গ্যালাক্সিগুলো পর্যবেক্ষণের সময় দেখেন যে, এ থেকে আগত আলোক রশ্মি লাল আলোর দিকে সরে যাচ্ছে? (জ্ঞান)
ক হাবল খ নিউটন
গ গ্যালিলিও ঘ হেনরিখ — ক

৩৬০. মহাবিস্ফোরণ তত্ত্বের প্রবর্তক কে? (জ্ঞান)
ক জর্জ গ্যামো খ জর্জ লেমাইটার
গ ফ্রেড খেয়েল ঘ গোল্ড — খ

৩৬১. মহাবিশ্ব সৃষ্টির কত সেকেন্ড পর পদার্থ বিজ্ঞানের সূত্রগুলো কার্যকারিতা লাভ করে? (জ্ঞান)
ক 10^{-33}s খ 10^{-43} s
গ 10^{-23} s ঘ 10^{-34} s — খ

৩৬২. দুটি আপ কোয়ার্ক ও একটি ডাউন কোয়ার্ক এর সমন্বয়ে কোনটি গঠিত হয়? (জ্ঞান)
ক প্রোটন খ নিউট্রন
গ ইলেকট্রন ঘ মেসন — ক

৩৬৩. মহাবিশ্বের বয়স— [ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক 12×10^8 yrs খ 3000000 yrs
গ 3×10^8 yrs ঘ 14×10^9 yrs — ঘ

৩৬৪. মহাবিশ্বে বর্তমান তাপমাত্রা—[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক 3000 K খ 10^{14} K
গ 10^{10} K ঘ 3 K — ঘ

৩৬৫. প্রোটন এবং নিউট্রনকে একত্রে কী বলে? (জ্ঞান)
ক মেসন খ বোসন
গ ফোটন ঘ বেরিয়ন — ঘ

৩৬৬. 'Big Bang theory' এর প্রথম প্রস্তাবক কে? [সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম] (জ্ঞান)
ক জর্জ লেমিটার খ জর্জ হ্যারি
গ স্টিফেন হকিং
ঘ মাইকেলসন মোরলে — ক

৩৬৭. বিগ-ব্যাংগ সংঘটিত হয়েছিল— (জ্ঞান)
ক মহাকাশে খ পৃথিবীতে
গ সৌরজগতে ঘ সর্বত্র — ঘ

৩৬৮. 'ঈশ্বর কণা' কোনটি? (জ্ঞান)
ক গ্লুওন খ লেপ্টন
গ হিগস-বোসন ঘ ফোটন — গ

৩৬৯. নিম্নের কোন কণিকা অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী? (জ্ঞান)
ক হিগস-মেসন খ হিগস-লেপ্টন
গ হিগস-প্রোটন ঘ হিগস-বোসন — ঘ

৩৭০. প্লাজমা অবস্থায় পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে কোনটি বিচ্ছিন্ন হয়? (জ্ঞান)
ক ইলেকট্রন খ প্রোটন
গ নিউট্রন ঘ মেসন — ক

৩৭১. শ্বেত বামন এর সর্বশেষ পরিণতি কোনটি? (জ্ঞান)
ক রক্ত বামান খ কৃষ্ণ বামন
গ সুপারনোভা ঘ ব্ল্যাক হোল — খ

৩৭২. যে সকল নক্ষত্রের শুরুতে ভর ও সৌর ভর অপেক্ষা বেশি তাদের জীবনচক্রের শেষ পরিণতি কী হবে? (অনুধাবন)
ক নিউট্রন তারা খ শ্বেত বামন তারা
গ কৃষ্ণ গহ্বর ঘ লাল দানব তারা — গ

৩৭৩. রক্তিম দৈত্যের কেন্দ্রীয় অংশের নাম কী? (জ্ঞান)
ক শ্বেত বামন খ ধূসর বামন
গ কৃষ্ণ বামন ঘ রক্ত বামন — ক

৩৭৪. সূর্য কী ধরনের নক্ষত্র? [কালিকাপুর আবদুল মতিন খসরু ডিগ্রি কলেজ, কুমিল্লা] (জ্ঞান)
ক বামন নক্ষত্র খ শ্বেত বামন নক্ষত্র
গ দানব নক্ষত্র ঘ অতিদানব নক্ষত্র — ক

৩৭৫. আকাশ গঙ্গা কোন ধরনের গ্যালাক্সি? [সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল] (জ্ঞান)
ক বৃত্তাকার খ উপবৃত্তাকার
গ সর্পিলাকার ঘ বিষম — গ

৩৭৬. ধূমকেতু দেখতে কেমন? (জ্ঞান)
ক দন্তের মতো
খ ঝাড়ুর মতো
গ মাকু আকৃতি
ঘ মাকড়সার জালের মতো — খ

৩৭৭. এক আলোক বর্ষ সমান কত? [সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা] (জ্ঞান)
ক 9.4×10^{15}cm খ 9.4×10^{15}m
গ 9.4×10^{15}km ঘ 94×10^{-15}km — ক

৩৭৮. পৃথিবীর মুক্তিবেগ কত? (জ্ঞান)
ক 11.1 kms^{-1} খ 11.2 kms^{-1}
গ 11.3 kms^{-1} ঘ 11.3 kms^{-1} — খ

৩৭৯. ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধের সমীকরণ কোনটি? (জ্ঞান)
ক $R_s = \frac{2GM}{c^2}$ খ $R_s = \frac{GM}{2c^2}$
গ $R_s = \frac{GM}{2c^2}$ ঘ $R_s = \frac{c^2}{2GM}$ — ক

৩৮০. মৃত্যুপর্ব শুরুর মুহূর্তে যদি কোনো তারকার ভর সৌর ভরের 1.4 গুণ এর বেশি থাকে, তবে কোনোভাবেই এটি শ্বেত বামন হতে পারবে না। ভরের এই সীমাকে বলা হয়— (জ্ঞান)
ক নিউটন সীমা খ আইনস্টাইন সীমা
গ চন্দ্রশেখর সীমা ঘ সোয়ার্জশিল্ড ব্যাসার্ধ — গ

৩৮১. মহাবিশ্বের চূড়ান্ত পরিণতি প্রধানত নির্ভর করে— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. মহাবিশ্বের জ্যামিতিক আকৃতি
ii. অদৃশ্য শক্তি
iii. অদৃশ্য বস্তু
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ ii ও iii
গ i ও iii ঘ i, ii ও iii — ঘ

৩৮২. মহাবিশ্ব প্রসারণ এর ফলে— (অনুধাবন)
i. তার বর্ণালীর তাপমাত্রা হ্রাস পায়
ii. গ্যালাক্সিগুলো পরস্পর থেকে দূরে সরে যাচ্ছে
iii. আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ছোট হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

৩৮৩. বিগ ব্যাং তত্ত্বানুযায়ী মহাবিশ্বের শুরু হয়েছিল— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. অসীম তাপ ও অসীম ঘনত্ববিশিষ্ট শক্তির উৎস থেকে
ii. একটি অপরিমেয় ক্ষুদ্র আকারে
iii. ফোটন শক্তির একটি উৎস থেকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

৩৮৪. হিগস-বোসন কণা— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. এর ভর প্রায় প্রোটনের ভরের 128 গুণ
ii. জন্ম মাত্রই অন্যকে ভর জুগিয়ে এরা নিঃশেষ হয়ে যায়
iii. ভর 125 থেকে 126 হিগস ইলেকট্রন ভোল্ট
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii গ

৩৮৫. গ্যাস, মেঘপুঞ্জ, চাপ ও তাপমাত্রা বাড়ার ফলে— (অনুধাবন)
i. হাইড্রোজেন নিউক্লিয় ফিউশন ঘটে
ii. হিলিয়াম পরমাণুর সৃষ্টি হয়
iii. বিপুল পরিমাণ শক্তি নিঃসৃত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ঘ

৩৮৬. যেসব তারকার ভর সূর্যের কাছাকাছি— (অনুধাবন)
i. তাদেরকে সমভর সম্পন্ন তারকা বলে
ii. তাদেরকে স্বল্প ভর সম্পন্ন তারকা বলে
iii. তাদের শেষ পরিণতি কৃষ্ণ বামন
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii গ

৩৮৭. নিউট্রন তারকা— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. দুই সৌর ভরের কারণে তৈরি হয়
ii. কালক্রমে কৃষ্ণ বিবরে পরিণত হয়
iii. সুপারনোভা বিস্ফোরণের ফলে সৃষ্টি হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ঘ

৩৮৮. ব্ল্যাক হোল— (অনুধাবন)
i. একটি অদৃশ্য পদার্থ
ii. সনাক্ত করার একমাত্র উপায় মহাকর্ষীয় প্রভাব
iii. দূরবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে সনাক্ত করা যায়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক

৩৮৯. মহাজাগতিক হিংস্র ঘটনাবলী হচ্ছে— (অনুধাবন)
i. নিউট্রন তারার মধ্যে সংঘর্ষ
ii. সুপারনোভা বিস্ফোরণ
iii. পরমাণুর বিনাশ
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ঘ

৩৯০. কৃত্রিম উপগ্রহ ব্যাপক ভূমিকা পালন করে— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. জ্যোতির্বিজ্ঞান সম্পর্কিত গবেষণাগার ক্ষেত্রে
ii. মহাজাগতিক রশ্মির তথ্য জানার ক্ষেত্রে
iii. বিকিরণ সম্পর্কিত তথ্য জানার ক্ষেত্রে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ঘ

উদ্দীপকটি পড়ে ৩৯১ - ৩৯৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
নাজমুল জ্যোতির্বিজ্ঞান বই পড়ে জানতে পাড়ল নক্ষত্রের কেন্দ্রীয় মূল বস্তুতে যতক্ষণ হাইড্রোজেন থাকে ততক্ষণ এক ধরনের বিক্রিয়া ঘটতে থাকে। হাইড্রোজেন নক্ষত্রের মূল বস্তু সংকুচিত এবং বহিঃস্থ অংশ প্রসারিত হয়।

৩৯১. উক্ত বিক্রিয়াটি কোনটি? (অনুধাবন)
ক নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া
খ তাপ নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া
গ রাসায়নিক বিক্রিয়া
ঘ শীতল নিউক্লিয় বিক্রিয়া খ

৩৯২. উদ্দীপকটি কোন ধাপের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য? (অনুধাবন)
ক বামন খ শ্বেতবামন
গ দানব ঘ নিউট্রন তারকা গ

৩৯৩. উদ্দীপকে মূল বস্তু সংকুচিত ও প্রসারিত হওয়ার ফলে— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. নক্ষত্রের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়
ii. সুপার নোভার সৃষ্টি হয়
iii. তাপমাত্রা হ্রাস পেতে থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii খ

উদ্দীপকটি পড়ে ৩৯৪ ও ৩৯৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:
মহাকাশ পর্যবেক্ষণের জন্য আধুনিক বেতার দূরবীক্ষণ যন্ত্রগুলোর প্রতিফলন পৃষ্ঠতল তথা ডিশের আকৃতি পরাবৃত্তীয় হয়ে থাকে। এ ধরনের দূরবীক্ষণ যন্ত্রের পর্যবেক্ষণের কাজটি 1 mm থেকে 30 m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে করতে হয়।

৩৯৪. উক্ত যন্ত্রের পর্যবেক্ষণের কাজটি 30 m বেশি হলে কী ঘটে? (অনুধাবন)
ক আয়ন মন্ডলের শোষণ
খ আয়নমন্ডলের নিঃসরণ
গ বায়ুমন্ডলের শোষণ
ঘ বায়ুমন্ডলের পানি শোষণ ক

৩৯৫. উক্ত যন্ত্রটি 1 mm এর কম হলে— (উচ্চতর দক্ষতা)
i. বায়ুমন্ডলের পানি ওজোন কর্তৃক শোষিত হয়
ii. কার্বন ডাই অক্সাইড ওজোন কর্তৃক শোষিত হয়
iii. কার্বন মনোক্সাইড ওজোন কর্তৃক শোষিত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii খ i ও iii
গ ii ও iii ঘ i, ii ও iii ক